



**You have downloaded a document from
RE-BUŚ
repository of the University of Silesia in Katowice**

Title: Narzędzia interaktywne jako metoda skutecznego nauczania fizyki w szkole średniej

Author: Damian Kimla

Citation style: Kimla Damian. (2017). Narzędzia interaktywne jako metoda skutecznego nauczania fizyki w szkole średniej. Praca doktorska. Katowice : Uniwersytet Śląski

© Korzystanie z tego materiału jest możliwe zgodnie z właściwymi przepisami o dozwolonym użytku lub o innych wyjątkach przewidzianych w przepisach prawa, a korzystanie w szerszym zakresie wymaga uzyskania zgody uprawnionego.



UNIwersytet ŚLĄSKI
W KATOWICACH



Biblioteka
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

INSTYTUT FIZYKI UNIWERSYTETU ŚLĄSKIEGO W KATOWICACH

Damian Kimla

NARZĘDZIA INTERAKTYWNE JAKO METODA SKUTECZNEGO NAUCZANIA
FIZYKI W SZKOLE ŚREDNIEJ

Rozprawa doktorska
napisana pod kierunkiem
prof. dr. hab. Jerzego Ziolo

Katowice 2017

*Najlepsza lekcja to nie ta, o której tak sądzi nauczyciel,
ani ta, o której tak myślą uczniowie...
Najlepsza lekcja to taka, o której ani nauczyciel,
ani uczeń nie myśli, że to była lekcja*

Klemens Stróżyński

Spis treści

Wstęp	3
Rozdział pierwszy	5
System pilotów interaktywnych jako narzędzie dydaktyczne	
Rozdział drugi	11
Efektywność systemu pilotów interaktywnych	
1. Wpływ wykorzystania systemu na lekcjach na jakość kształcenia.....	11
2. Zalety systemu wpływające na jego wysoką skuteczność	15
Rozdział trzeci	33
Wyniki badań	
1. Badania skuteczności nauczania z wykorzystaniem systemu pilotów interaktywnych	33
2. Dyskusja wyników ankiet przeprowadzonych wśród uczniów	38
Rozdział czwarty	47
Przykłady wykorzystania systemu pilotów interaktywnych na zajęciach edukacyjnych z fizyki	
Podsumowanie	67
Bibliografia	69

Wstęp

„Matematyka jest królową nauk, ale to fizyka rządzi światem”. Takie stwierdzenie, którego pierwszy człon zaczerpnięto ze słynnego cytatu Jędrzeja Śniadeckiego, usłyszałem niedawno z ust moich uczniów. Cieszę się, że młodzi ludzie doceniają potęgę (czyt. istotę) fizyki.

Fizyka jest bardzo ważną, żeby nie powiedzieć – kluczową gałęzią nauki, niestety w polskim szkolnictwie często spychaną na margines, jako przedmiot zbyt trudny, stresujący i generalnie nie lubiany przez uczniów. Jej waga leży w tym, iż opisuje zjawiska zachodzące w przyrodzie oraz wyjaśnia prawa rządzące światem, poczynając od cząstek elementarnych, a na budowie wszechświata kończąc. To fizyka uczy logicznego myślenia, rozwiązywania zagadnień niestandardowych, twórczego podejścia do problemów. Stanowi podstawę nauk inżynierskich i przyrodniczych. Jej znajomość pozwala zrozumieć prawa rządzące zjawiskami obserwowanymi na co dzień i zasadami działania urządzeń mechanicznych, elektrycznych, cieplnych itd. Posługując się nabytymi na lekcjach fizyki umiejętnościami, bez trudu można odgadnąć „mechanizm” wielu „niewytłumaczalnych” zjawisk przyrodniczych. Wyciąganie wniosków, ciąg przyczynowo–skutkowy, analiza, prowadzenie badań, krytyczne podejście do obserwacji itp. kształtowane są właśnie na zajęciach edukacyjnych z fizyki.

Widać zatem, jak istotna jest popularyzacja tej dziedziny wiedzy. Dokonuje się ona na wszelkie możliwe sposoby: wykłady, pokazy, pikniki naukowe, konkursy oraz laboratoria organizowane przez instytucje naukowe i zakłady przemysłowe. Doskonały przykład stanowią liczne zajęcia dla młodzieży organizowane przez Pracownię Dydaktyki Fizyki Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach.

Niniejsza rozprawa poświęcona jest analizie wpływu interaktywnych narzędzi dydaktycznych w procesie nauczania fizyki. Jednym z takich szczególnych urządzeń jest system pilotów interaktywnych, obszernie opisany w rozdziale pierwszym niniejszej pracy. Rozdział ten zawiera również dyskusję proponowanego przeze mnie spektrum implementacji tego zestawu.

Podrozdział pierwszy rozdziału drugiego opisuje wpływ takich nowatorskich narzędzi na skuteczność procesu kształcenia. Przy okazji analizy wyników badań efektywności systemu pilotów interaktywnych w pracy dydaktycznej zauważyłem rosnącą z czasem jakość kształcenia, a więc doskonalenie warsztatu pracy samego nauczyciela.

Szczegóły tej obserwacji i wnioski z niej płynące zaprezentowałem w podrozdziale drugim rozdziału drugiego.

Narzędzia interaktywne wydają się być nowatorskim podejściem do kształcenia młodzieży w warunkach polskiego szkolnictwa, choć z powodzeniem stosowane były wcześniej w różnych częściach świata na wyższych uczelniach jako narzędzie wspomagające pracę wykładowców. Znamienne, iż nikt dotychczas nie wdrożył i nie zbadał skuteczności tychże narzędzi w nauczaniu fizyki w szkole średniej w taki sposób, jak dwóch nauczycieli pod kierownictwem prof. dr. hab. Jerzego Ziolo i pod czujnym okiem pracowników Pracowni Dydaktyki Fizyki Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach z dr. Jerzym Jaroszem na czele. Mam na myśli siebie, autora niniejszej rozprawy, oraz Sławomira Binka. Obaj jesteśmy aktywnymi nauczycielami fizyki na poziomie szkoły średniej. Nasze badania prowadziliśmy w dwóch niezależnych szkołach ponadgimnazjalnych. Trwały one trzy lata. Opis metodyki tych badań oraz ich wyniki zaprezentowane są w podrozdziale pierwszym rozdziału trzeciego. Z kolei podrozdział drugi rozdziału trzeciego poświęcony jest dyskusji efektów popularyzacyjnych w badanej grupie uczniów.

Autorskie wyniki, wykorzystujące prezentowane w pracy metody zostały opublikowane na łamach „Physics Education” w grudniu 2016 r. [1].

Oprócz popularyzacji przedmiotu nie mniej ważna okazuje się jakość jego nauczania. Dobrze przygotowana, otwarta na nowoczesne rozwiązania edukacyjne kadra dydaktyczna jest w stanie przekazać wiedzę w sposób rzetelny i atrakcyjny dla wszystkich uczniów. Uważam, iż nadszedł sprzyjający czas na wprowadzenie do wszystkich szkół nowoczesnego podejścia do nauczania fizyki. Wykłady, nawet bogato ilustrowane pokazami (które osobiście wolę nazywać „obserwacjami”), wydają się być niezwykle praktycznym rozwiązaniem w ponad trzydziestoosobowych klasach. Przede wszystkim należy jednak uczniom umożliwić wpływanie na przebieg doświadczeń. Radosne odkrywanie tajemnic świata przez samodzielne eksperymentowanie przynosi bowiem najwięcej korzyści, zarówno w zakresie popularyzacji nauki, jak i efektywności nauczania.

System pilotów interaktywnych jako narzędzie dydaktyczne

Najlepszy mikroskop nie przyczyni się do rozwoju nauki, gdy go się trzyma w szafie.

Ludwik Hirszfeld

- a) Historia narzędzi interaktywnych.
- b) Czym jest system pilotów interaktywnych?
- c) Jak działa oprogramowanie?
- d) Jak wykorzystywać system na zajęciach lekcyjnych?

Ad a) Historia narzędzi interaktywnych.

PRS – Personal Response System to nazwa jednego z modeli zestawu pilotów interaktywnych. W literaturze znaleźć można również inne nazwy, m.in. ARS – Audience Response Systems [2], CPS – Classroom Response Systems [3]. Najpowszechniejsza i najogólniejsza nazwa to po prostu „clickers”. Jak sama nazwa wskazuje, jest to komplet pilotów interaktywnych do jednoczesnych odpowiedzi na pytania nauczyciela. W niniejszej pracy najczęściej będę korzystał z ogólnego sformułowania „piloty interaktywne”.

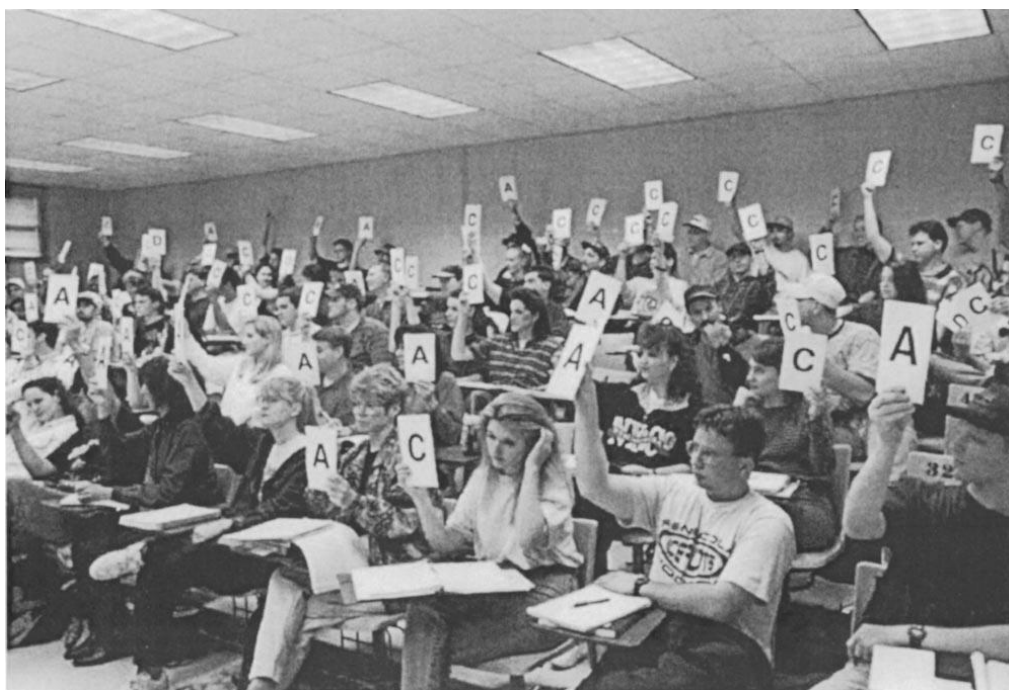
Za prekursora w wykorzystaniu pilotów interaktywnych w codziennej pracy ze studentami na wykładach z fizyki niewątpliwie uznać należy Erica Mazura, nauczyciela akademickiego z Harvardu. Od roku 1990 testował on nowe podejście do nauczania fizyki na uczelni wyższej. W roku 1996 opublikował słynny skrypt, zawierający przykłady pytań testowych, zatytułowany *Peer instruction: A user's manual* [4]. Testy w nim zawarte mogą być z powodzeniem wykorzystywane jako pytania problemowe na lekcjach fizyki na każdym etapie edukacyjnym. W roku 2001 Mazur pochwalił się swoimi obserwacjami, prezentując w pracy *Peer instruction: Ten years of experience and results* [5] wyniki badań wykorzystania pilotów interaktywnych na zajęciach ze studentami.

Pierwsze informacje o systemie jednoczesnych odpowiedzi pojawiły się w pracach: *Instructional implications of a low-cost electronic student response system* [6] oraz *Use of*

student feedback cards for diagnostic purposes during classroom lectures [7] już w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Wykładowcy wyższych uczelni poszukiwali skutecznych metod „przepytania” dużej ilości studentów w możliwie jak najkrótszym czasie. Niekoniecznie jednak korzystali oni z urządzeń elektronicznych. Mogły to być po prostu kartki w różnych kolorach lub z własnoręcznie naniesionymi odpowiedziami podnoszone w górę przez studentów na prośbę wykładowcy.

Informacje o innowacyjnym podejściu do nauczania poprzez zadawanie pytań można odnaleźć również w pracy z 1987 r. autorstwa Arthura W. Chickeringa, profesora Memphis State University, oraz socjologa Zeldy F. Gamsona [8]. Wskazują oni na komunikację między studentami a nauczycielem jako na kluczowy element zajęć. Ponieważ w dużej grupie bezpośredni kontakt jest utrudniony, najlepszym rozwiązaniem wydaje się właśnie system jednoczesnych odpowiedzi.

Metoda nauczania oparta na bezpośrednim dialogu między wykładowcą a studentem bardzo przypomina nauczanie indywidualne. Nic więc dziwnego, że przynosi wymierne rezultaty. Piszą o tym w swej pracy z 2002 roku pt. *Transforming the lecture-hall environment: The fully interactive physics lecture* [9] David E. Meltzer z Iowa State University oraz Kandiah Manivannan z Southwest Missouri State University.



Ilustracja 1: Zdjęcie pochodzi z pracy *Transforming the lecture-hall environment: The fully interactive physics lecture* [9]. W swoich badaniach panowie nie korzystali z elektronicznego systemu, lecz z kart odpowiedzi. Na fotografii widnieją studenci biorący udział w badaniu.

Wszystkie przytoczone przeze mnie przykłady opisu zastosowań i wyniki badań dotyczą wykorzystania systemu na uczelniach wyższych. Wraz z innym nauczycielem fizyki, Sławomirem Binkiem, postanowiliśmy zatem wdrożyć i zbadać skuteczność tego narzędzia na poziomie szkoły średniej. Uzyskane wyniki potwierdziły nasze przypuszczenia o jego wysokiej skuteczności.

Ad b) Czym jest system pilotów interaktywnych?

W skład systemu pilotów interaktywnych, np. zestawu PRS – Personal Response System (zob. ilustracja 2), wchodzi komplet pilotów, czujnik rejestrujący odpowiedzi od uczniów oraz oprogramowanie. Piloty interaktywne przypominają klasyczne piloty do obsługi urządzeń elektronicznych, np. pilot telewizyjny do przełączania kanałów (zob. ilustracja 2). Posiadają klawiaturę alfanumeryczną, a bardziej rozbudowane modele – wyświetlacz ciekłokrystaliczny, na którym uczeń może obserwować zarówno poprawną odpowiedź, jak i tę udzieloną przez siebie. Komunikacja z czujnikiem rejestrującym odpowiedzi działa w zakresie podczerwieni lub fal radiowych. Odległości, z jakich czujnik jest w stanie odebrać sygnał, sięgają kilkudziesięciu metrów. System może być więc z powodzeniem wykorzystywany nawet w salach audytoryjnych.



Ilustracja 2: trzy rodzaje pilotów interaktywnych PRS oraz aplikacja wirtualnego pilota firmy InterWrite Learning.

Każdy uczeń ma swojego pilota, przy pomocy którego udziela odpowiedzi na zadawane przez nauczyciela pytania. Ponieważ pilot jest przypisany do konkretnej osoby, nauczyciel wie, po jakim czasie i jakiej odpowiedzi udzielili poszczególni uczniowie.

Czujnik rejestrujący sygnały z pilotów musi być podłączony do komputera wyposażonego w odpowiednie oprogramowanie. Obecnie na rynku dostępnych jest wiele rodzajów software'u różnych producentów. Gdy w naszych szkołach rozpoczynaliśmy pracę z pilotami interaktywnymi nie mieliśmy takich udogodnień. Zaznaczyć jednak należy, iż – biorąc pod uwagę kierunek i zakres moich badań – szereg funkcji oferowanych przez współczesne oprogramowanie okazuje się zbyteczny.

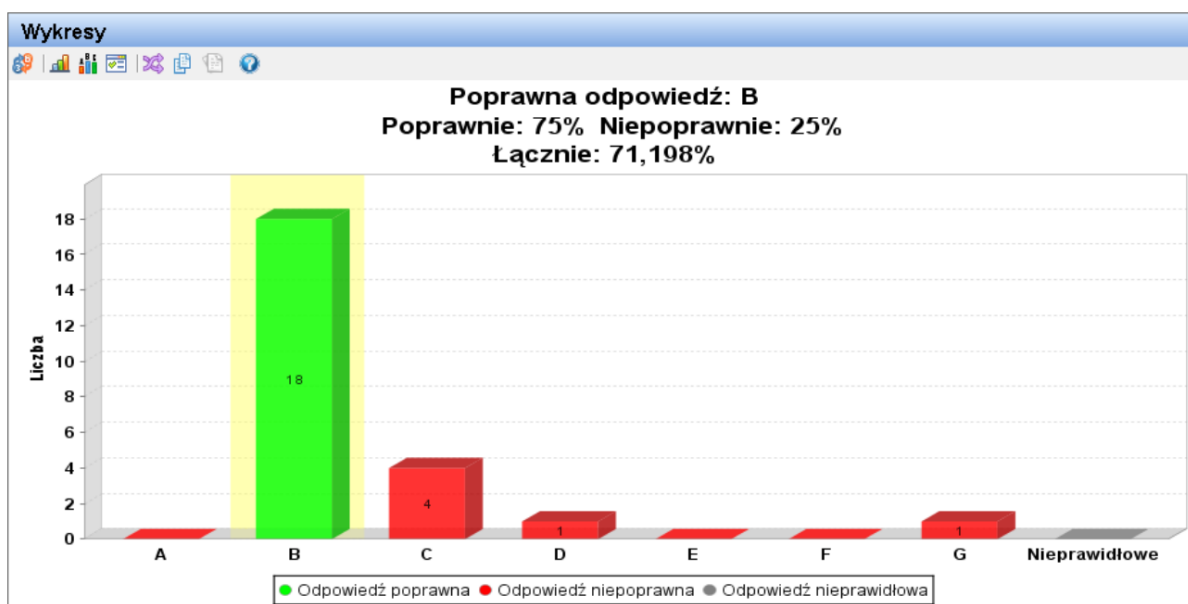
Wraz z rozwojem technologii i popularnością smartfonów piloty można zastąpić aplikacją mobilną, która działa jak emulator pilota interaktywnego. Nowoczesne piloty pozwalają uczniowi śledzić na ekranie przebieg lekcji, odbierać komentarze nauczyciela, albo udzielać odpowiedzi pełnymi zdaniami. Dodatkowe możliwości – moim zdaniem – mogą jednak rozpraszać uwagę uczniów lub powodować niepotrzebne utrudnienia natury technicznej. Uważam, że narzędzie to nie powinno zastępować ani skupiać większej uwagi uczniów niż nauczyciel i wykonywana przez nich praca na lekcji.

Ad c) Jak działa oprogramowanie?

Nauczyciel może zadać pytanie w dowolnym momencie lekcji. Najczęściej są to pytania zaplanowane i przygotowane wcześniej, umieszczone na przykład w prezentacji multimedialnej. Oprogramowanie daje również możliwość zadawania pytań spontanicznych. Aby uczniowie otrzymali informację zwrotną, należy w oprogramowaniu zaznaczyć, jakiej odpowiedzi się spodziewamy.

W większości programów do obsługi pilotów interaktywnych dostępna jest opcja informowania ucznia, czy jego odpowiedź „dotarła” już do nauczyciela. Podświetla się wtedy lub znika numer przypisany do jego pilota na wyświetlanym na ekranie obrazie, bądź też zapala się odpowiednia dioda na pilocie.

Jeżeli w sali używamy projektora multimedialnego albo innej formy wizualizacji, natychmiast po zebraniu wszystkich odpowiedzi od uczniów na ekranie pojawi się wykres. W zależności od ustawień osobistych nauczyciela może być na nim przedstawione procentowe zestawienie odpowiedzi wszystkich uczniów w formie wykresu oraz poprawna odpowiedź (zob. ilustracja 3).



Ilustracja 3: Wykres podsumowujący odpowiedzi uczniów udzielone na jedno z pytań w oprogramowaniu Response eInstruction.

Jeśli używamy trybu anonimowego, wyłącznie uczeń oraz nauczyciel wiedzą, jaka odpowiedź została przesłana. Na ekranie prezentowane są wówczas jedynie zbiorcze informacje (jak na ilustracji 3). Pełna tabela odpowiedzi i dodatkowe statystyki widoczne są wyłącznie na ekranie prowadzącego zajęcia. Nauczyciel może wówczas poświęcić czas na przeanalizowanie odpowiedzi poszczególnych słuchaczy. Wszystkie raporty mogą być zapisane na dysku komputera lub wydrukowane. Jest to system odpowiedzi jednoczesnych, co oznacza, że w kilkadziesiąt sekund nauczyciel jest w stanie „przepytac” całą grupę uczniów jednocześnie!

Dodatkowe informacje oraz analiza działania narzędzia pod kątem klasyfikacji systemu pilotów interaktywnych jako innowacyjnego narzędzia dydaktycznego została szczegółowo omówiona w pracy mojego współautorstwa *System PRS jako narzędzie dydaktyczne*, opublikowanej w czasopiśmie dla nauczycieli „Fizyka w Szkole” [10].

Ad d) Jak wykorzystywać system na zajęciach lekcyjnych?

Pytania można zadawać kilka razy podczas jednej lekcji, tak by na bieżąco kontrolować stopień zrozumienia materiału przez uczniów i aby weryfikować skuteczność stosowanych metod nauczania. Pytanie może być wiele razy powtarzane, np. po krótkiej dyskusji lub po naprowadzeniu uczniów na poprawną odpowiedź. Ponowne wyjaśnienie lub

dodatkowe doświadczenie wykonane przez uczniów również mogą być podsumowane stosownym pytaniem.

Piloty interaktywne można także wykorzystać do zadania serii pytań powtórzeniowych. Mogą się one pojawić na początku lub na końcu zajęć, przed, po lub zamiast podsumowania lekcji.

Ważny element zajęć dydaktycznych z fizyki stanowi eksperyment. Niezależnie od tego, czy wykonują go uczniowie w grupach czy też sprowadza się on do pokazu, można przerywać go pytaniami o dalszy jego przebieg. Można również w jego trakcie zadawać pytania o konsekwencje takiego czy innego dalszego kroku. Można zbudować lekcję opartą o wiele scenariuszy, w których naprowadzani kolejnymi pytaniami uczniowie dochodzą do poprawnego rozwiązania problemu lub też przewidują wynik eksperymentu.

To nauczyciel decyduje, ile czasu wyznaczy uczniom na udzielenie odpowiedzi. Długość tę może zmienić w każdej chwili. Nauczyciel ma również możliwość ustawienia w oprogramowaniu ilości prób, dając tym samym uczniowi możliwość zmiany, przed upływem ustalonego czasu, udzielonej przez niego odpowiedzi.

Większość zestawów pozwala uczniowi określić stopień pewności, aby nauczyciel wiedział, czy uczeń jest w pełni przekonany o poprawności udzielonej odpowiedzi, czy tylko tak mu się wydaje lub też jedynie zgaduje, *de facto* nie znając właściwego rozwiązania.

Wszystkie dane wymienione wyżej są zapisywane w oprogramowaniu, stanowiąc cenną bazę do szczegółowej analizy.

Rozdział drugi

Efektywność systemu pilotów interaktywnych

Pozwól dzieciom błędzić i radośnie dążyć do poprawy
Janusz Korczak

Gdy uczeń osiąga coś dzięki nauczycielowi, nauczyciel również czegoś się uczy
Paulo Coelho [11]

1. Wpływ wykorzystania systemu na lekcjach na jakość kształcenia

- a) Zwiększenie skuteczności nauczania fizyki w szkole.
- b) Efektywne wykorzystanie czasu pracy na lekcji.
- c) Wzrost zainteresowania naukami ścisłymi.
- d) Atrakcyjność lekcji fizyki.
- e) Kształtowanie wiedzy i umiejętności niezbędnych do podjęcia studiów wyższych na kierunkach związanych z fizyką.

Ad a) Zwiększenie skuteczności nauczania fizyki w szkole.

Niewątpliwie narzędzia interaktywne są innowacyjnym podejściem do nauczania fizyki w polskim środowisku nauczycielskim. Nasze, trwające trzy lata badania, przeprowadzone równocześnie w trzech szkołach na trzech grupach uczniów, potwierdzają skuteczność wykorzystania systemu (wyniki badań zaprezentuję i szerzej omówię w rozdziale trzecim). Piloty interaktywne mogą być wykorzystane na lekcjach różnego typu (przykłady takich lekcji przedstawiam w rozdziale czwartym).

Wyższe wyniki w bieżącej nauce, tak zwane oceny cząstkowe, uzyskują uczniowie, którzy często korzystają z systemu interaktywnych odpowiedzi. Wpływ na to mają na pewno wszystkie cechy opisywane przeze mnie w podrozdziale 2. rozdziału drugiego. W największym stopniu jest to konieczność ciągłego skupiania się na wykonywanej

czynności (podczas samodzielnego wykonywania doświadczenia), koncentracji na lekcji (podczas słuchania wywodów nauczyciela lub innych uczniów), a także uważnego śledzenia czynności wykonywanych przez nauczyciela lub innych uczniów (podczas pokazów i ilustracji zjawisk fizycznych). Nauczyciel w dowolnym momencie sprawdza stopień zrozumienia i bieżący stan wiedzy uczniów poprzez zadanie odpowiednio sformułowanego pytania, na które odpowiedzieć muszą wszyscy uczniowie. Ponieważ system jest anonimowy, a nauczyciel nie ocenia odpowiedzi uzyskanych w ten sposób, uczniowie odpowiadają zgodnie z ich stanem wiedzy. Nauczyciel na podstawie informacji zwrotnej na bieżąco koryguje błędy w wyjaśnieniach lub pozwala uczniom powtórzyć eksperyment.

Takie podejście do nauczania musi wpływać na skuteczność nauczania. Młodzież, która ma większą wiedzę i umiejętności, jest bardziej przygotowana nie tylko do sprawdzianu wiedzy z fizyki. Kształtowana jest również na bieżąco jej umiejętność samokontroli i samooceny, co sprzyja skutecznej nauce również na innych przedmiotach szkolnych, a w konsekwencji – na studiach.

Ad b) Efektywne wykorzystanie czasu pracy na lekcji.

Odkąd pamiętam, nauczyciele narzekali na niewystarczającą liczbę godzin lekcyjnych w tak zwanym trzecim cyklu kształcenia, czyli w szkole średniej. Nauczanie fizyki na poziomie rozszerzonym ma wprawdzie określoną ustawą minimalną liczbę godzin do zrealizowania, lecz (o czym pisałem we wstępie) przedmiot ten jest w dużej części szkół spychany na margines. Okrojony materiał przedstawiony w postaci podstawy programowej traktowany jest przez prowadzących zajęcia jako niezbędne minimum. Nauczyciel chciałby przekazać uczniom zdecydowanie więcej wiadomości. Na przybliżenie całego przekroju istotnych z punktu widzenia powszechnego zastosowania zjawisk fizycznych, po prostu brak czasu.

Narzędzia interaktywne, takie jak zestaw pilotów jest moim zdaniem doskonałym narzędziem kontroli jakości kształcenia. Gdy nie jestem pewny, czy mogę rozpocząć nowy wątek, bez obawy, że zostawiam uczniów z niepewnościami dotyczącymi poprzedniego, zadaję im serię pytań. Dzięki temu orientuję się, czy i w jakim stopniu opanowali dotychczasowy materiał. Uczniowie odpowiadając na pytania, również wiedzą, czy jedynie udało im się odpowiedzieć, czy też byli pewni swoich przemyśleń. Jest to o wiele skuteczniejsza metoda niż tradycyjne tryby nauczania. Zwykle nauczyciele zadają ogólne pytanie dotyczące omawianego zagadnienia. Taka metoda pozwala zdiagnozować jedynie

kilka osób i zabiera dużo czasu. Powszechne są również sytuacje, w których nauczyciele zadają pytanie uczniom: „Czy wszystko zostało zrozumiane?”. Tak postawione pytanie nie daje jednak nauczycielowi informacji, co jest dla uczniów niejasne i co powinien ponownie omówić. Nauczyciel usiłuje powtórzyć najważniejsze wątki lekcji, niejednokrotnie w ten sam sposób, jak poprzednio. Poprzez serię pytań i komplet natychmiastowych odpowiedzi nauczyciel może zaoszczędzić sporo czasu, ponieważ ma dokładną informację, co i w jakim stopniu zostało przez uczniów opanowane. Również uczniowie wiedzą, czego nie zrozumeli i o co powinni nauczyciela dopytać, lub co muszą przeanalizować, sprawdzić, powtórzyć w samodzielnie wykonywanym doświadczeniu.

Zaoszczędzony na lekcji czas na powtarzanie oczywistych dla ucznia treści lub tłumaczenie w ten sam sposób niezrozumiałych elementów lekcji, nauczyciel może wykorzystać do zrealizowania obszernego materiału w krótszym czasie. Poprzez bieżące kontrolowanie wiedzy uczniów można pomijać zrozumiałe dla nich treści i dzięki temu przekazać całą niezbędną wiedzę zgodnie z postawą programową i wymaganiami maturalnymi w niezbyt szerokich ramach godzinowych.

Ad c) Wzrost zainteresowania naukami ścisłymi.

Fizyka jest bardzo istotnym przedmiotem wśród zajęć edukacyjnych młodego człowieka. To na tych zajęciach lekcyjnych młody odkrywca uczy się logicznego myślenia i poszukiwania rozwiązań. Zdolności i umiejętności poszukiwania oraz krytycznego myślenia mają zastosowanie we wszystkich dziedzinach życia. Nie można więc pomijać tak ważnego elementu, jakim jest skuteczna i rozbudzająca chęć pogłębiania wiedzy (poszukiwania) nauka fizyki w szkole.

Nauczyciel z pasją niewątpliwie potrafi zachęcić do nauki. Narzędzia interaktywne pozwalają pobudzić do działania nawet najbardziej opornych uczniów. Zamiast biernego udziału w zajęciach, muszą oni być wiecznie skupieni na tym, co dzieje się na lekcji. Nie wiedzą bowiem, w którym momencie nauczyciel zaskoczy ich pytaniem. Konieczność ciągłej koncentracji zmusza do aktywności nawet uczniów, którzy dotychczas nie interesowali się naukami ścisłymi. Perspektywa kontrolowania swojej wiedzy i konsekwencje braku aktywności na lekcji prowadzą do zwiększonej odpowiedzialności ucznia.

Możliwość czynnego udziału, a nawet wpływania na przebieg lekcji, czy wykonywanego doświadczenia, nawet jeśli dokonuje się tego przy pomocy pilotów, zachęca uczniów do czynnego, nie zaś biernego udziału w lekcji. Rozwija ponadto pasję i pobudza do

działania. Uczniowie wrzuceni w tok lekcji koniecznie chcą poznać wynik doświadczenia, znać rozwiązanie zagadki, poznając treść prawa fizycznego, o które byli pytani. Chętnie podejmują wyzwania samodzielnego sprawdzenia wyniku doświadczenia lub zadania rachunkowego.

Ad d) Atrakcyjność lekcji fizyki.

Przez wielu uczniów fizyka uznawana jest za przedmiot zbyt trudny i niezrozumiały, aby mogli bez obaw uczestniczyć w lekcjach. Uczniowie odczuwają przerażenie nie przed samą lekcją, ale przed nauczycielem, który mógłby ich o coś zapytać.

Anonimowość i brak konsekwencji w postaci oceny oraz uniwersalność stawia system pilotów interaktywnych w pierwszym rzędzie narzędzi wspomagających naukę z oporną młodzieżą. Uczniowie nie czują już takiego stresu przed popełnieniem pomyłki, a niepokój przed nauczycielem zamienia się w pełną miłą atmosferę „zabawę”. Wciąż jest to nauka, ale uczniowie dzięki takiej atmosferze nabierają odwagi do uczestnictwa w lekcji. Nie czują obawy przed udzieleniem odpowiedzi, nawet jeżeli okaże się ona błędna. Z kolei, jeżeli sądzili, że odpowiedź jest inna od oczekiwanej, chętnie biorą udział w dyskusji prowadzącej do wyjaśnienia poprawnej odpowiedzi. Uczniowie chętniej zadają pytania i co najważniejsze – dzięki temu narzędziu wiedzą, jakie pytanie zadać (wiedzą, o co pytać, bo dzięki tak prowadzonej lekcji, mają świadomość tego, czego nie rozumieją).

Obserwuję również w gronie uczniów takich, którzy dzięki pilotom interaktywnym chętniej biorą udział w lekcjach. Zwykle wagarujący lub opuszczający pojedyncze lekcje, na lekcjach fizyki są zawsze obecni i skupieni. Zawsze pytają też o piloty, czy aby na pewno dziś będą. Zapewne bez nich krępowaliby się brać czynny udział w lekcji lub po prostu unikałoby jej. Wbrew powszechnej opinii, że fizyka jest trudna i niezrozumiała, uczniowie mający przeważnie trudności w nauce nabierają ochoty do nauki dzięki lekcjom fizyki. Usłyszeć z ust takich uczniów, że fizyka jest atrakcyjna i dzięki temu łatwiejsza, to najlepsza rekomendacja stosowanych przeze mnie metod nauczania.

Ad e) Kształtowanie wiedzy i umiejętności niezbędnych do podjęcia studiów wyższych na kierunkach związanych z fizyką.

Jak już pisałem wcześniej, młodzi ludzie nie mają ukształtowanej umiejętności porządkowania wiedzy, robienia pożytecznych notatek, a nawet systematyczności i uczenia

się na bieżąco. Dzięki wykorzystaniu pilotów interaktywnych wszystkie te umiejętności są kształtowane. Poprzez odpowiednio sformułowane pytanie uczniowie zmuszani są do odnajdywania w pamięci różnych wątków z poprzednich zajęć, rozwiązywania prostych zadań rachunkowych w pamięci, lub poszukiwania odpowiedzi w notatkach. Nauczyciel ma narzędzie do tego, aby przepytąć całą klasę w kilka minut, sprawdzając przy tym nie tylko stan wiedzy, ale również umiejętność łączenia faktów lub wyciągania wniosków.

Uczniowie chętniej wybierają studia wyższe związane z naukami ścisłymi, jeśli w odpowiedni sposób rozbudzi się ich ciekawość świata nauki, pasję poszukiwania rozwiązań i pokaże się im, że to wcale nie jest takie trudne, jak się powszechnie uważa. Narzędzia interaktywne, poprzez atrakcyjność i potwierdzoną skuteczność nauczania, dają nauczycielom fizyki takie możliwości.

Na studiach niezbędna jest umiejętność uczenia się, która jest również w dużym stopniu kształtowana dzięki wykorzystaniu systemu pilotów interaktywnych na lekcjach. Uczeń ciągle skupiony na lekcji, starając się poprawnie odpowiadać na pytania nauczyciela, musi porządkować informacje, musi mieć pewność, że wszystko zrozumiał i zanotował to, co najistotniejsze. Znienacka pojawiające się pytania, weryfikują te umiejętności. Uczeń w krótszym lub dłuższym czasie wypracowuje wymienione zdolności.

Dzięki pytaniom powtórzeniowym na początku lekcji, uczeń uczy się również odpowiedzialności za opuszczanie zajęć lekcyjnych lub brak samodzielnych powtórek do lekcji, a dzięki samoocenie wypracowuje swoje metody pracy i nauki.

2. Zalety systemu pilotów interaktywnych wpływające na jego wysoką skuteczność

- a) Nauczyciel uzyskuje odpowiedzi jednocześnie od wszystkich uczniów.
- b) Anonimowość odpowiedzi zachęca do aktywności nawet najbardziej wstydliwych i wycofanych.
- c) Brak ocen eliminuje próby nieuczciwych praktyk.
- d) Atrakcyjna forma zajęć (efekt zaskoczenia, nowości, zabawy) zachęca do aktywnego uczestniczenia w lekcji.
- e) Rywalizacja zwiększa zaangażowanie.

- f) Satysfakcja z udzielonej odpowiedzi jest motywacją do dalszej pracy.
- g) Forma pytań testowych pozwala odnaleźć prawidłowe rozwiązanie drogą eliminacji.
- h) Chęć poznania prawidłowego rozwiązania zachęca uczniów do zadawania dodatkowych pytań nauczycielowi.
- i) Uczniowie i nauczyciel wiedzą, który fragment lekcji, lub która umiejętność uczniów wymaga uwagi.
- j) Nauczyciel wyciąga wnioski z nieprawidłowego zrozumienia części omawianej lekcji i na bieżąco może modyfikować formy oraz metody pracy.
- k) Powtarzanie podobnego lecz inaczej sformułowanego pytania (lub inny przykład) stanowi doskonałą formę utrwalania wiedzy.
- l) Pytania pobudzają uczniów do myślenia i dyskusji. Uczniowie wykazują inicjatywę wzajemnego wyjaśniania sobie omawianego zagadnienia.
- m) Szczegółowe zestawienie odpowiedzi pozwala nauczycielowi na indywidualizację pracy z uczniem.

Ad a) Nauczyciel uzyskuje odpowiedzi jednocześnie od wszystkich uczniów.

To bardzo ważne, aby mieć pewność, że wszyscy uczniowie biorą czynny udział w lekcji. Przytoczę kilka przykładów.

Gdy nauczyciel omawia zaprezentowane doświadczenie, chciałby poznać opinię uczniów na temat zasadności użycia tego lub innego prawa fizycznego do wyjaśnienia wyniku pokazu. Zazwyczaj podczas tak zwanej „burzy mózgów” udzielają się w dyskusji nieliczni, na ogół ci sami uczniowie. Reszta w najlepszej dla nauczyciela sytuacji słucha i krytycznie analizuje usłyszane słowa. Dyskusja jest o wiele bardziej burzliwa, gdy poprzedzi się ją serią pytań skierowaną do wszystkich uczniów. Piszę o serii, gdyż jedno pytanie może nie wyczerpywać wszystkich możliwości podejścia do problemu, gdy mamy możliwość zadania jedynie pytań testowych. Nauczyciel zna opinię wszystkich uczniów i dodatkowo pobudza do dyskusji kilkoro uczniów więcej niż zazwyczaj.

Podczas samodzielnej pracy uczniów (choć najczęściej pracujących nie w pojedynkę, lecz w grupach), dojście do prawidłowych wyników może zająć im sporo czasu. Są grupy, które szukają rozwiązania wykonując wiele prób, inne zaś powielają stare błędy lub zapisują wyniki, których spodziewa się nauczyciel. Zadanie pytań dotyczących eksperymentu pozwala sprawdzić nauczycielowi stopień ich zaangażowania w pracę. Również istotna jest możliwość kontrolowania pytaniami wszystkich uczniów, a nie jedynie grupy jako całości. Nauczyciel

znając odpowiedzi poszczególnych uczniów wie również, co i jak należałoby w przyszłości zmienić w organizacji pracy grup uczniowskich.

Omawiając ważne zagadnienia, nauczyciel powinien na bieżąco kontrolować stopień zrozumienia danej partii materiału. Jak już pisałem wcześniej, niewystarczającymi sposobami są obserwacja reakcji, czy też luźne pytania „rzucane” w stronę uczniów. Najlepszym sposobem jest „przepytanie” całej klasy równocześnie i w możliwie najkrótszym czasie. Taką możliwość dają piloty interaktywne.

Rozwiązując proste zadania rachunkowe, gdy istotne jest jedynie sprawdzenie wyboru poprawnej metody, dopasowania danych do konkretnego wzoru, wyboru poprawnego wzoru lub po prostu umiejętności przekształcenia wzoru bądź jednostki, można również wykorzystać piloty interaktywne. Oprócz samodzielnego lub wspólnego rozwiązywania zadań korzystne z punktu widzenia nauczyciela jest sprawdzenie, czy wszyscy uczniowie rozumieją co należy zrobić w kolejnym kroku. Rozwiązując konkretne zadanie, można poprzez serię pytań zbadać tok myślenia każdego z uczniów i wyciągnąć wnioski do dalszej pracy.

Na uwagę zasługuje również fakt, że uczniowie mogą się dowiedzieć, jak odpowiadali ich koledzy i koleżanki dopiero po zebraniu wszystkich odpowiedzi przez nauczyciela. Eliminujemy zatem możliwość sugerowania się odpowiedzią pozostałych. Szczególnie, że w licznej klasie są uczniowie o różnym stopniu intelektualnym i poziomie wiedzy.

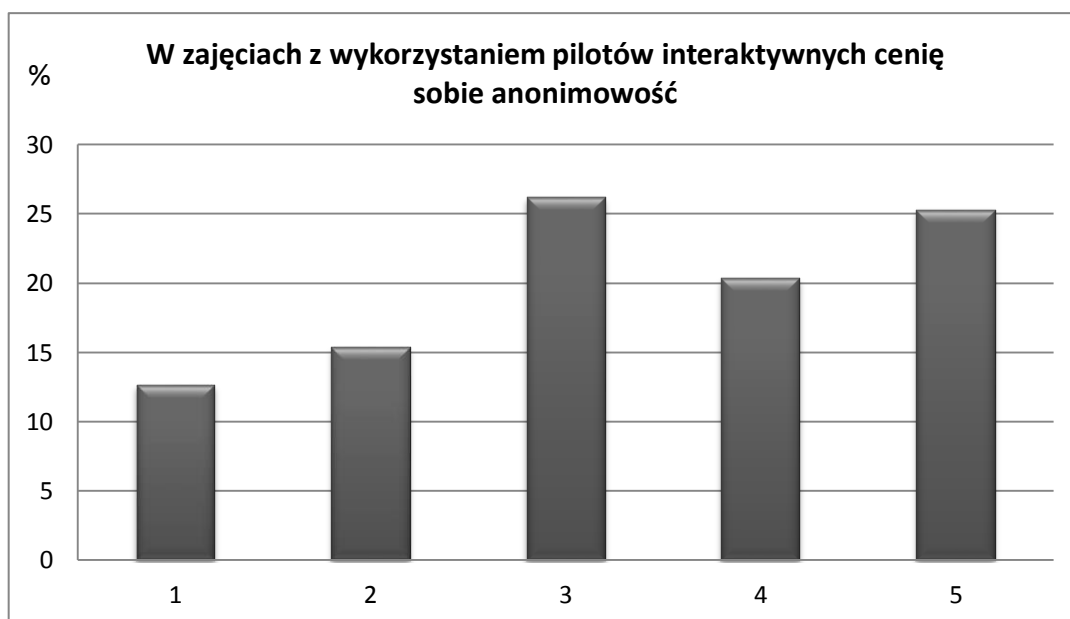
Ad b) Anonimowość odpowiedzi zachęca do aktywności nawet najbardziej wstydliwych i wycofanych.

Uczeń niejednokrotnie nie bierze czynnego udziału w lekcji, nie odpowiada na postawione na forum klasy pytania nauczyciela, gdyż górę bierze obawa przed opinią otoczenia, gdyby odpowiedź okazała się błędna. Otwarta dyskusja między uczniami lub między uczniami a nauczycielem ogranicza się w praktyce do kilku osób. Uczniowie nieśmiali, wycofani lub po prostu słabiej przygotowani do zajęć są zazwyczaj pomijani w tradycyjnym procesie dydaktycznym. Inaczej jest w przypadku lekcji prowadzonej z wykorzystaniem narzędzi interaktywnych. Uczeń jest zmuszony do wysiłku umysłowego i musi w zadany przez nauczyciela czasie odpowiedzieć na pytanie. Anonimowość znosi barierę dzielącą ucznia od otoczenia i uczeń chętnie uczestniczy z danym etapie lekcji. Uczeń wie, że wyłącznie nauczyciel i oczywiście on sam będzie znał udzieloną przez niego odpowiedź. Jeśli odpowiedź będzie poprawna, uczeń z pewnością chętniej będzie brał udział

w kolejnych etapach lekcji, o czym wspominam w podpunkcie l) tegoż rozdziału. Jeśli z kolei odpowiedź udzielona przez ucznia będzie błędna, wie o tym jedynie nauczyciel oraz on sam. Na tablicy jego odpowiedź pojawi się wśród odpowiedzi innych uczestników zajęć. Jeśli odpowiedź jest błędna, uczeń wyraża zrozumienie, dlaczego popełnił błąd i dzięki temu nie popełnia go ponownie. Jeśli natomiast uczeń nie rozumie błędu w swoim sposobie myślenia, nie traci on chęci do udziału w dalszej części lekcji. Obserwuję na swoich lekcjach właśnie takie zachowania. Taki uczeń bardziej skupia się na wyjaśnieniach nauczyciela, aby zrozumieć błąd w swoim rozumowaniu. Uczniowie nieśmiali i wycofani często mają problemy z koncentracją. Anonimowość systemu PRS daje uczniom zablokowanym uczucie, że on i nauczyciel prowadzą dialog niedostępny dla innych. Wykorzystanie narzędzi interaktywnych pozwala przełamać wiele barier, o czym piszę również w podpunkcie h).

Doskonałym przykładem był pewien uczeń z orzeczeniem Poradni Psychologiczno-Pedagogicznej o niedostosowaniu społecznym. Uczniowie z takim orzeczeniem zazwyczaj korzystają z możliwości nauczania indywidualnego. Ten uczeń jednak nie chciał rezygnować z lekcji fizyki, które sprawiały mu wielką radość i nie odczuwał na nich żadnego dyskomfortu spowodowanego pracą w otoczeniu pozostałych uczniów. Jak sam przyznał, bardzo polubił fizykę i mimo licznych niepowodzeń z pozostałymi przedmiotami, z fizyki uzyskiwał wysokie wyniki w nauce.

W ankiecie, której zbiorcze wyniki przedstawione są w rozdziale szóstym, uczniowie w większości wskazali, że anonimowość jest dla nich ważnym aspektem wykorzystanej metody. Uczniowie mieli ocenić w skali od 1 do 5, jak istotna jest anonimowość systemu dla ich samopoczucia w gronie klasowym. Najwięcej uczniów, bo aż 70% zaznaczyło 3, 4 lub 5, co oznacza, że nawet jeśli nie dla wszystkich, to dla sporej grupy uczniów jest to ważna cecha systemu interaktywnych odpowiedzi.



Ilustracja 4: Przedstawienie odpowiedzi uczniów w ankiecie, w której mieli oni ocenić (w skali od 1 do 5), w jakim stopniu istotna jest dla nich anonimowość systemu pilotów interaktywnych.

Dlatego dla części uczniów, w szczególności dla tych zdolnych, anonimowość systemu nie ma tak dużego znaczenia wyjaśnię w punkcie e) tegoż rozdziału.

Ad c) Brak ocen eliminuje próby nieuczciwych praktyk.

Piloty interaktywne, powszechnie już stosowane do głosowania, nie zostały wcześniej wdrożone i przetestowane w nauczaniu fizyki na poziomie szkoły średniej.

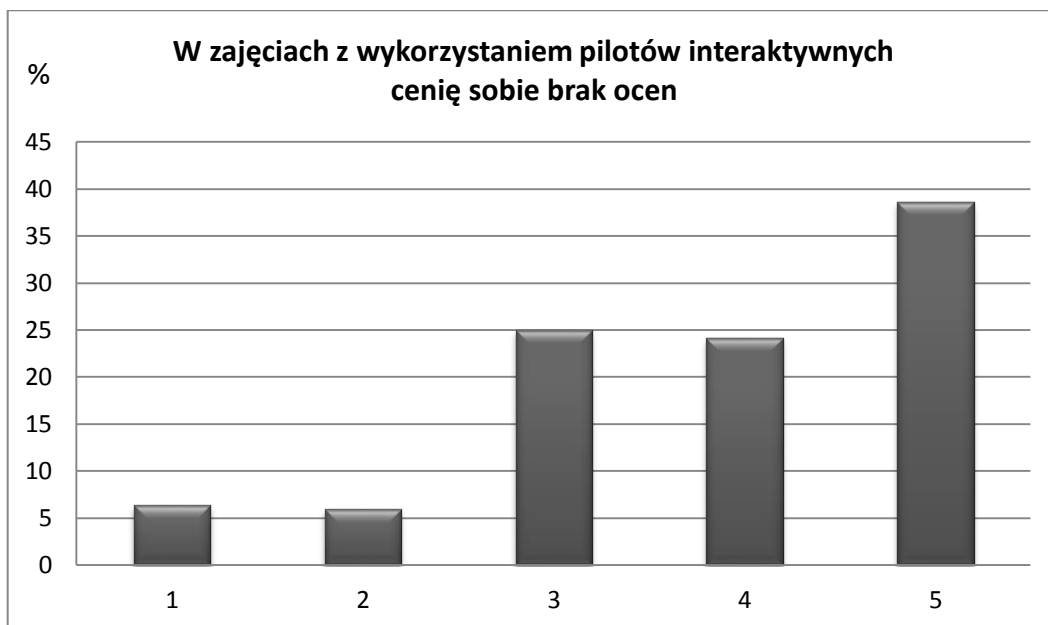
Obecnie na rynku edukacyjnym dostępnych jest już coraz więcej zestawów różnych firm, a nawet aplikacje, pozwalające udzielać odpowiedzi przy pomocy smartfonów. Sprzedawane są one jednak jako zestawy do sprawdzianów testowych. Jako główny walor podkreśla się dyskrecję zapewnianą przez niewielkie rozmiary przycisków na pilotach lub aplikacjach co uniemożliwia śledzenie odpowiedzi pozostałych uczniów. Sprawdziany testowe nie powinny jednak zastępować tradycyjnego oceniania wiedzy i umiejętności uczniów. Wciąż uznaje się (mam przynajmniej taką nadzieję) wyższość oceniania „tradycyjnego” nad testowym. Uważam również, że pytania otwarte stawiają wymóg rozwiązania problemu fizycznego, przeprowadzenia dowodu itd. Dłuższe wypowiedzi sprawdzają ponadto logiczne i twórcze wykorzystanie wiedzy. Odpowiednio sformułowane pytania testowe mogą sprawdzić stopień zrozumienia, zmuszają do wyciągania wniosków i

pogłębionej refleksji. Nie uważam jednak, aby był to powód do zastępowania nimi zadań wymagających kreatywnego podejścia do problemu w bieżącym ocenianiu uczniów.

Brak oceniania odpowiedzi udzielanych poprzez piloty interaktywne sprawia, że uczniowie nie tylko chętniej biorą udział w zajęciach, o czym przeczytać można w innym punkcie tego rozdziału. Również chęć sprawdzenia swoich umiejętności i stopnia zrozumienia lub zapamiętania omawianej partii materiału bierze górę nad koniecznością udzielenia prawidłowej odpowiedzi. Obserwuję, że uczniowie zaglądają do notatek lub dyskutują między sobą dopiero po udzieleniu odpowiedzi. Zauważyłem również, że uczniowie w skupieniu czytają pytanie i zastanawiają się nad odpowiedzią w absolutnej ciszy. Dopiero po zebraniu wszystkich odpowiedzi przez nauczyciela daje się odczuć ożywienie, słysząc szelest przeszukiwań notatek oraz dyskusje.

Mam pewność, że uczniowie nie stosują nieuczciwych praktyk, nie podpowiadają sobie. Nie mają ku temu bowiem powodu. Często sami reagują nerwowo, gdy nadgorliwy uczeń chce się przed klasą pochwalić, że zna odpowiedź. Upominają go, aby tego nie robił, bo chcą wiedzieć, czy ich pomysł na odpowiedź był trafny, oraz jak wypadną na tle innych uczniów.

Uczniowie, którzy korzystali z systemu pilotów interaktywnych, zapytani, jak ważny jest dla nich brak oceniania w większości wskazali ten fakt, jako istotny element lekcji.



Ilustracja 5: Przedstawienie odpowiedzi uczniów w ankiecie, w której mieli oni ocenić (w skali od 1 do 5), w jakim stopniu istotny jest dla nich brak ocen przy wykorzystaniu systemu pilotów interaktywnych.

Uczniowie wysoko ocenili brak ocen zapewne ze względu na bezstresowe uczestnictwo w zajęciach lekcyjnych. Dla nauczyciela najcenniejszy jest fakt, że otrzymuje on szczerze i samodzielne odpowiedzi uczniów. To, że nie oszukują oni odpowiadając na pytania jest bardzo istotne dla nauczyciela, który chciałby przeprowadzić pełną analizę odpowiedzi słuchaczy i na jej podstawie wyciągać wnioski.

Ad d) Atrakcyjna forma zajęć (efekt zaskoczenia, nowości, zabawy) zachęca do aktywnego uczestniczenia w lekcji.

Uczniowie, którzy mają duże zaległości w nauce, mówią o sobie „humaniści”, co rozumieją, jako deklarację braku zainteresowania naukami ścisłymi. Najczęściej tacy uczniowie nie włączają się do pracy na lekcjach fizyki, zakładając, że „i tak niczego nie zrozumieją”.

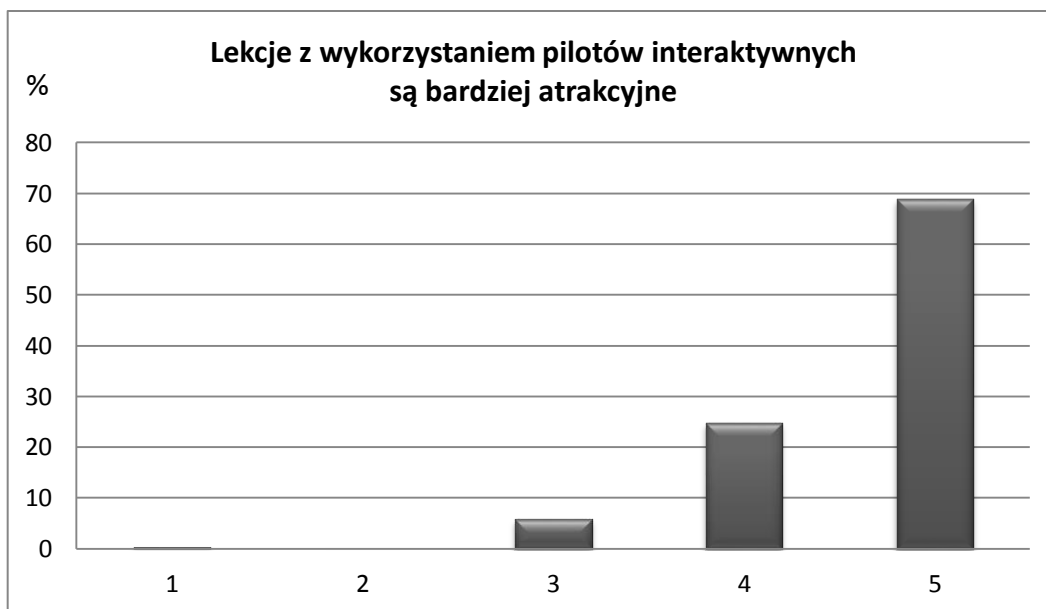
Należy przekonywać takich uczniów do czynnego udziału w zajęciach. Piloty interaktywne dają takie możliwości.

Zawsze, szczególnie, gdy omawiane na zajęciach zagadnienia wymagają dużego zaangażowania uczniów, staram się zmusić do pracy nawet najbardziej opornych. Poprzez przerywanie lekcji pytaniami, odpowiednio dopasowanymi do poziomu najslabszych, udaje się ich zachęcić do udziału w lekcji. Odpowiednio sformułowane pytania sprawiają, że uczniowie odpowiadają na nie poprawnie. Prawidłowe odpowiedzi działają bardzo motywująco, a każda kolejna odpowiedź przynosi nieukrywaną radość ze zrozumienia, czegoś, co do tej pory uważane było za niewytłumaczalne. Odpowiednio podnosząc „poprzeczkę” wracają oni do pracy na lekcji równając do najzdolniejszych.

Atrakcyjność zajęć wynika również z faktu, że uczniowie, jak sami przyznają, czują się inaczej niż na tradycyjnej lekcji. Przenoszą się do czasów, gdy trudne pytania sprawiają satysfakcję, nawet, gdy odpowiedzi nie są prawidłowe. Odczuwam pełne skupienie zaangażowanie, gdy pozwalam uczniom decydować przy pomocy pilotów interaktywnych o przebiegu lekcji lub następnym kroku doświadczenia fizycznego. Z kolei fragment lekcji składający się z serii pytań powtórzeniowych sprawia wrażenie, jakby uczniowie brali udział w turnieju, w którym mogą wygrać coś naprawdę cennego.

W czasach wszechobecnej rozrywki i niewyobrażalnego rozwoju gier komputerowych, z ogromną satysfakcją obserwuję ożywienie i wyjątkową aktywność na lekcjach fizyki, nawet jeśli uczniowie stwierdzają po zajęciach, że „świetnie się bawili”.

Uczniowie poproszeni w ankiecie o ocenienie atrakcyjności lekcji z wykorzystaniem systemu pilotów interaktywnych, jednoznacznie wyrazili swoją aprobatę dla takiej formy prowadzenia zajęć lekcyjnych.



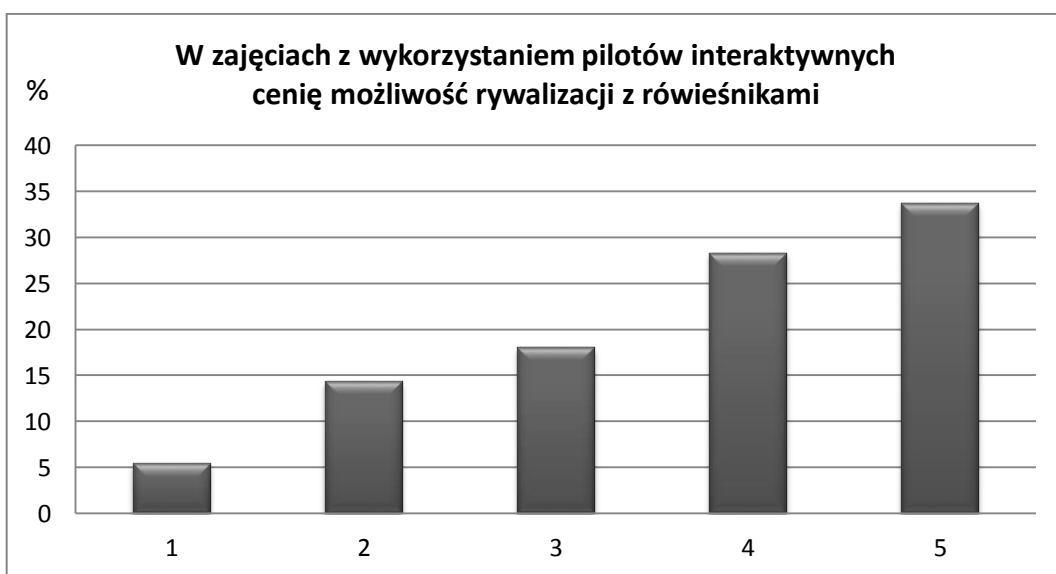
Ilustracja 6: Przedstawienie odpowiedzi uczniów w ankiecie, w której mieli oni ocenić (w skali od 1 do 5) atrakcyjność zajęć, w których korzystają z systemu pilotów interaktywnych.

Ad e) Rywalizacja zwiększa zaangażowanie.

Uczniowie uwielbiają być chwaleni za swoje osiągnięcia. Gdy tylko nadarza się nauczyciel powinien wyrażać swoje zadowolenie z ich postępów w nauce i doceniać ich pracę na lekcji. Mimo to rywalizują ze sobą na każdym kroku. Również odpowiadając na pytania nauczyciela. Co jakiś czas muszę rozstrzygać sprzeczki, kto odpowiedział jako pierwszy. Przestałem ich upominać, gdy zauważyłem, że dzięki temu bardziej skupiają się na lekcji i z większym zaangażowaniem podchodzą do pracy na zajęciach. Coraz mniej czasu potrzebują również na udzielenie poprawnej odpowiedzi. Wzrosła zatem szybkość czytania ze zrozumieniem i kojarzenia faktów. Uzasadnione są oczywiście obawy dotyczące zbyt szybkiego decydowania się na odpowiedź. Nie wszyscy uczniowie potrafią nadążyć za najlepszymi, za to również podejmują wyzwanie. Można jednak temu zapobiec opóźniając odpowiedzi poprzez włączanie czujnika po upływie określonego czasu, gdy już wszyscy zdążyli się zapoznać z pytaniem lub poprzez odpowiednie dobieranie odpowiedzi. Temat ten zostanie rozwinięty w podpunkcie g) tego rozdziału.

Nie tylko szybkość udzielanych odpowiedzi stanowi element rywalizacji między uczniami. Obserwuję również, że zapisują oni, ile punktów zdobyli i po zajęciach chwalą się głośno, ile razy tego dnia odpowiedzieli prawidłowo. Uczniowie chętnie chwalą się swoimi osiągnięciami, stąd nie dla wszystkich uczniów anonimowość systemu jest ważną cechą. Można przeczytać o tym w podpunkcie b) niniejszego rozdziału.

Większość uczniów zapytanych o to w ankiecie, odpowiedziało wprost, że lubi rywalizować z rówieśnikami, co widać na ilustracji 7.



Ilustracja 7: Przedstawienie odpowiedzi uczniów w ankiecie, w której mieli oni ocenić (w skali od 1 do 5) satysfakcję, jaką przynosi im rywalizacja z rówieśnikami podczas zajęć, na których korzystają z pilotów interaktywnych.

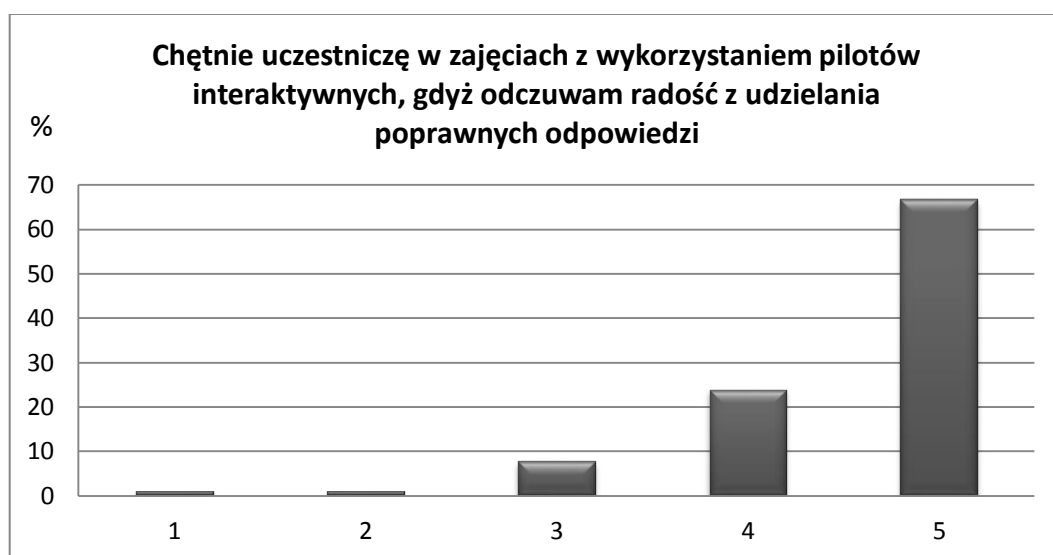
Ad f) Satysfakcja z udzielonej odpowiedzi jest motywacją do dalszej pracy.

Uczniowie, którzy nie potrafią powstrzymać reakcji na udzielenie poprawnej odpowiedzi to bardzo częsty widok na moich lekcjach. Wiele pozytywnych emocji budzi wyświetlenie wykresu z odpowiedziami uczniów ze wskazaniem poprawnej odpowiedzi. Uczniowie czasem wybuchają głośnymi okrzykami tryumfu, radości czy wręcz euforii. Szczególnie, gdy pytanie okazało się zbyt trudne dla ich kolegów i koleżanek z klasy. Myślałem, że takie reakcje rozpraszają klasę lub wręcz zniechęcają do prób, lecz okazało się, że jest zupełnie przeciwnie. Uczniowie są zmotywowani do dalszej wytężonej pracy, również ci, którzy nie udzielili poprawnej odpowiedzi.

Doskonałym przykładem był przypadek uczennicy, która ze względu na stan zdrowia nie mogła uczestniczyć w zajęciach lekcyjnych ani z rówieśnikami, ani nawet na

indywidualnych spotkaniach z nauczycielem. Jedyną możliwą formą nauczania była więc wideokonferencja. Miałem wiele obaw, ze względu na mój sposób prowadzenia zajęć i specyfikę przedmiotu, jakim jest fizyka. Obawa szybko przerodziła się w pełne satysfakcji i emocji spotkania. Aby wykorzystać wszystkie zalety zadawania pytań w trakcie lekcji, również anonimowość, prosiłem uczennicę, aby zamiast podawać na głos odpowiedzi, pomyślała jedynie, która jest prawidłowa. Gdy podałem odpowiedź widziałem radość, zadumę lub rumieniec zawstydzienia. Nic nie przynosi nauczycielowi większej satysfakcji niż ożywiona spontaniczna reakcja, samoocena i samodyscyplina.

Kolejne pytanie, zadane uczniom w ankiecie, którego wyniki zaprezentowane są poniżej, dotyczy właśnie omawianego zagadnienia. Uczniowie zgodnie zdecydowali, że poprawne odpowiedzi motywują ich do pracy. Przeszło 90% przyznało temu stwierdzeniu wagę 4 i 5 (w skali od 1 do 5).



Ilustracja 8: Przedstawienie odpowiedzi uczniów w ankiecie, w której mieli oni ocenić (w skali od 1 do 5), w jakim stopniu odczuwają satysfakcję z poprawnych odpowiedzi podczas zajęć, na których korzystają z pilotów interaktywnych.

Ad g) Forma pytań testowych wbrew pozorom daje wiele możliwości nauczycielowi.

Jedną z niewielu wad najprostszej wersji zestawu pilotów interaktywnych jest brak możliwości swobodnej wypowiedzi ucznia. Jest to również jeden z głównych powodów wykluczenia wspomnianej metody do oceniania uczniów. Niemniej forma testowa doskonale sprawdza się w sytuacjach, gdy chcemy uzyskać szybką informację zwrotną od wszystkich uczniów.

Zaletą pytań testowych jest to, że nie ma ograniczonej liczby możliwych odpowiedzi. Poprzez zaproponowanie uczniowi nawet ośmiu, czy dziewięciu możliwości, możemy wyczerpać niemal wszystkie odpowiedzi, jakie przychodzą uczniom do głowy. Uczeń poprzez wskazanie pilotem stopnia pewności lub wybranie podpunktu: „wśród podanych brak poprawnej odpowiedzi” jest znakiem danym nauczycielowi, aby podjąć dyskusję.

Zdarzają się sytuacje, gdy nauczyciel ma pewność, że w pełni poprawna jest tylko jedna odpowiedź, a jednak zachodzi obawa, że uczniowie mogą się pomylić i wybrać inną odpowiedź. Często uczniowie przez roztargnienie lub niechlujstwo niedokładnie zapoznają się z treścią, ilustracją lub wykresem i popełniają przewidywalny błąd. Nauczyciel może zapobiec takim sytuacjom. Wystarczy, że podczas tworzenia pytania wyeliminuje on odpowiedzi, które mogłyby narzucać się uczniom, jako na pewno prawidłowe. Co prawda wiele razy zdarzało mi się słyszeć z sali głosy niezadowolenia, że popełniłem błąd nie dając do wyboru poprawnej według nich odpowiedzi. Po mojej prośbie o ponowne zapoznanie się z pytaniem, kończyło się przyznaniem mi racji i wnioskiem, że nie należy zbyt szybko podejmować decyzji. Pominęli bowiem ważny szczegół lub istotną informację, na przykład dane na wykresie przedstawione zostały w innych niż sądzili jednostkach, itp.

Uczniowie, którzy zwykle bez należytej analizy, bezmyślnie wybierają pierwszą odpowiedź, która przychodzi im do głowy, tym razem zmuszani są do poszukiwania wśród pozostałych, z góry odrzucanych odpowiedzi. Takie niestandardowe podejście sprawia, że kształtowana jest umiejętność dokładnego analizowania faktów i czytania ze zrozumieniem.

Innym pomysłem z powodzeniem realizowanym przeze mnie jest zadawanie pytań, które z pozoru wydają się uczniom bardzo trudne. Mam na myśli zagadnienia, co do których mam powody przypuszczać, że prawidłowa odpowiedź nie byłaby pierwszą, która przyjdzie uczniowi do głowy. Poprzez odpowiedni dobór możliwych odpowiedzi przez nauczyciela, uczeń może dojść do prawidłowego rozwiązania drogą eliminacji. Wśród szeregu fałszywych sformułowań ukryta jest bowiem ta, której uczeń nie od razu był pewien. Ponieważ wie, które są nieprawidłowe, można uznać, że cel został osiągnięty. Pozostaje jedynie doświadczenie, przykład lub inna forma rozwiania wątpliwości dotyczących poprawnej odpowiedzi.

Ad h) Chęć poznania prawidłowego rozwiązania zachęca uczniów do zadawania dodatkowych pytań nauczycielowi.

Niejednokrotnie zdarza się tak, że uczeń dotychczas wycofany, niebiorący udziału w dyskusjach, głośno wyraża swoje zadowolenie z udzielonej poprawnej odpowiedzi, lub

wyrwie mu się pytanie z prośbą o wyjaśnienie. Takich sukcesów na koncie mam wiele, a dzieje się to również dzięki temu, że biorąc udział w takiej formie zajęć, nabrał on pewności siebie i udało się poszerzyć kanał komunikacji uczeń-nauczyciel do kanału uczeń-klasa-nauczyciel.

Uczniowie chcą wiedzieć, a ja uważam, że powinni być informowani, w którym momencie swojego rozumowania popełnili błąd. Problem w tym, że nie zadają nauczycielowi pytań, ponieważ odczuwają wstyd (przed nauczycielem, ale również przed rówieśnikami), zniechęcenie (boją się, że i tak omawianego tematu nie rozumieją), lub po prostu nie wiedzą o co zapytać (nie potrafią sprecyzować problemu i najczęściej zachęceni przez nauczyciela pytaniem „Czego nie rozumiesz?” odpowiadają: „Wszystkiego”). Interaktywny system jednoczesnych odpowiedzi oprócz oczywistych korzyści przynosi kolejną. Uczniowie dowiadują się, czego nie rozumieją i wiedzą jak sformułować pytanie do nauczyciela. Dodatkowo obserwując, że kilka osób z klasy odpowiedziało podobnie (również błędnie), uczniowie nabierają odwagi do zgłębiania problemu i przedstawienia nauczycielowi swoich obaw i pomysłów. Przeważnie rozwija się wówczas ożywiona dyskusja z uczniami, która prowadzi do wspólnego odnalezienia rozwiązania.

Ad i) Uczniowie i nauczyciel wiedzą, który fragment lekcji lub która umiejętność uczniów wymaga uwagi.

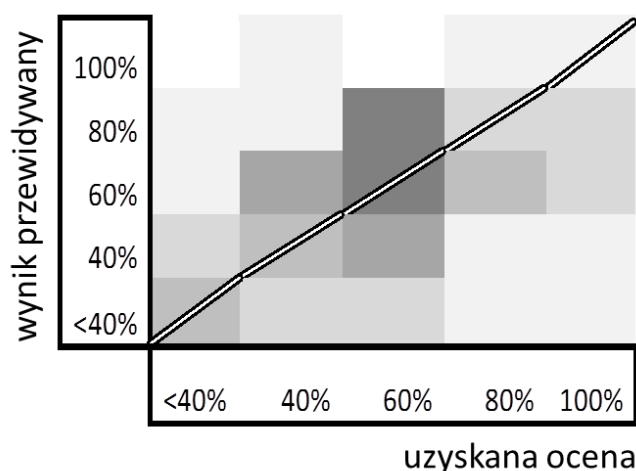
Piloty interaktywne służą głównie do tego, aby nauczyciel wiedział, czy uczniowie pamiętają, rozumieją lub potrafią skorzystać z przekazanej im wiedzy. Identyczny komunikat automatycznie zyskują również uczniowie.

Natychmiast po zebraniu wszystkich odpowiedzi, uczniowie uzyskują informację zwrotną, czy ich odpowiedź była poprawna. Dodatkowe wyjaśnienia prowadzącego zajęcia, dyskusja, dodatkowy przykład lub doświadczenia rozwiewają większość wątpliwości. Te, o które uczeń nie dopytał na lekcji, samodzielnie wyszukuje w notatkach, podręczniku lub w Internecie. Uczeń wie, co musi powtórzyć, ponieważ wie na które pytania nie znał odpowiedzi.

Nauczyciel również otrzymuje natychmiastową informację o tym, jakich odpowiedzi udzielali uczniowie. Na ich podstawie prowadzący zajęcia podejmuje decyzję o dalszym ciągu zajęć, np. o powtórzeniu fragmentu lekcji. Jeśli nie ma pewności, czy rozwiązał wątpliwości uczniów, kolejny raz zadaje, oczywiście inaczej brzmiące, pytanie lub serię pytań

sprawdzających stopień zrozumienia. Operację można powtarzać do skutku. Zazwyczaj jednak uczniom wystarczy jedna powtórka.

Wiele lat temu, zainspirowany nieco innymi badaniami wykonanymi przez pracowników Instytutu Fizyki Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie [12], postanowiłem sprawdzić, w jakim stopniu uczniowie mają świadomość poziomu swojej wiedzy i umiejętności po każdym rozdziale. Badaniu poddanych zostało około 100 uczniów przed i po każdym z pięciu testów wiedzy z kolejnych rozdziałów, co dało w sumie 478 wyników (pomiąłem w zestawieniu uczniów nieobecnych podczas ankiety lub na sprawdzianie). Następnie zestawilem ich przewidywania z uzyskanym przez nich wynikiem testu. Zaciemnienie pól jest proporcjonalne do ilości uczniów mieszczących się w danym polu. Badanie, jak widać na poniższym wykresie, potwierdziło moje obawy, że uczniowie nie do końca wiedzą, w jakim stopniu są przygotowani do testu. Uczniowie, którzy nie mają świadomości, że jeszcze czegoś nie potrafią, nie mają tak dużej motywacji do większej ilości powtórek. Inaczej jest z uczniami, którzy na bieżąco taką informację otrzymują.



Ilustracja 9: Zestawienie przewidywanego przez ucznia wyniku testu z uzyskaną przez niego oceną. Badanie zostało przeprowadzone w latach 2011–2012.

Ad j) Nauczyciel wyciąga wnioski z nieprawidłowego zrozumienia części omawianej lekcji i na bieżąco może modyfikować formy oraz metody pracy.

Gdy rozpoczynałem wdrażanie systemu interaktywnych odpowiedzi w swojej szkole, głównym atutem była dla mnie informacja zwrotna. Jako młody nauczyciel istotne było przede wszystkim to, czy mówię do uczniów językiem dla nich zrozumiałym. Uczniowie udzielając odpowiedzi na zadawane im pytania o różnym stopniu trudności informowali mnie

tym samym, czy na pewno poprawnie zrozumieli omawiane zagadnienie. Pytania muszą być zróżnicowane, gdyż powodem złych odpowiedzi może być nieodpowiednie tempo pracy nauczyciela. Gdy miałem niezbędne informacje zwrotne, mogłem odpowiednio modyfikować sposoby przekazywania treści i tempo pracy.

Okazuje się, że będąc już wieloletnim pracownikiem szkoły, piloty interaktywne przydają mi się dużo bardziej niż gdy byłem początkującym nauczycielem. Często gubi nas rutyna: ulubione opowieści i zadania, łatwiejsze i szybsze do przeprowadzenia doświadczenia, itp. Na szczęście w takich sytuacjach narzędzia interaktywne sprowadzają mnie na ziemię. Niepoprawne odpowiedzi na trywialne według mojego przekonania pytania, są jak kubek zimnej wody. Szybko orientuję się wówczas, że się zagalopowałem, poszedłem w złą stronę, nie skupiłem się na, jak mi się wydawało, dawno opanowanych podstawach i okazuje się, że uczniowie nie zrozumieli np. omawianego na lekcji prawa fizycznego. Nie potrafią go więc zastosować w prostym ćwiczeniu. To sygnał, że moje podejście muszę modyfikować na bieżąco, a nie bazować na wcześniej obmyślonym i z góry zaplanowanym scenariuszu lekcji.

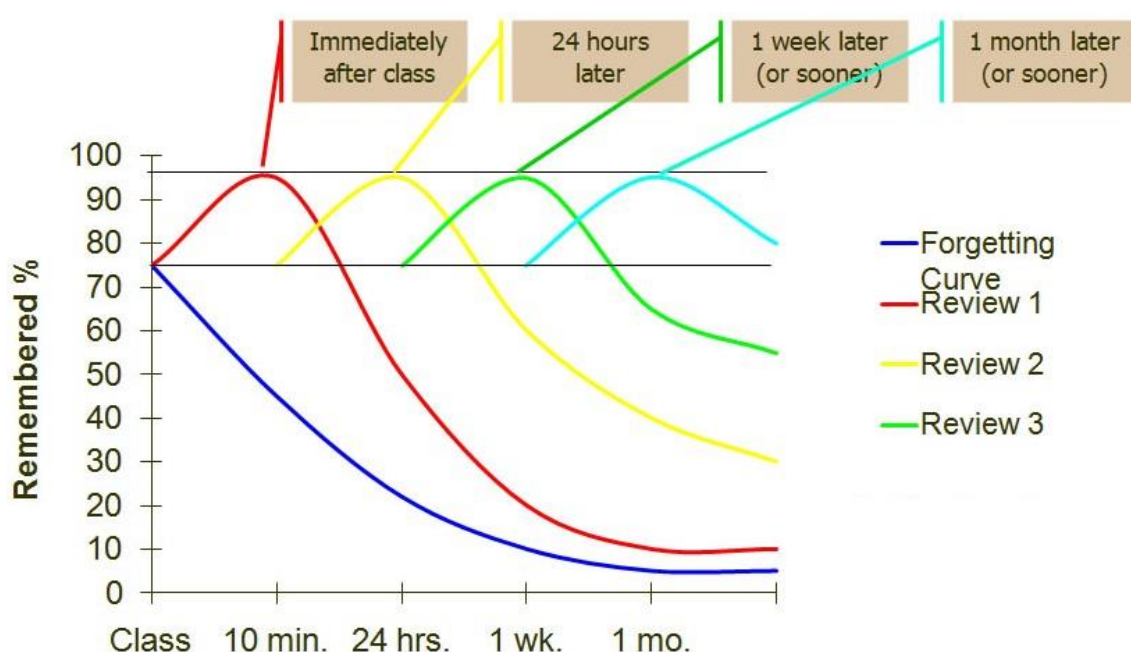
Zajęcia, które mogą odbywać się w rytmie pracy samych uczniów są dużo bardziej efektywne. Z kolei po stronie uczniów obserwuję satysfakcję i ulgę, zamiast zakłopotania, gdy proponuje powtórkę, inny przykład lub ponowne przejrzenie się wniosków z doświadczenia. Nie każdego dnia i nie w każdej grupie uczniów identyczne metody przynoszą podobne efekty. Najczęściej jest tak, że muszę wypróbować wiele różnych scenariuszy zajęć, aby dotrzeć do wszystkich uczniów i skutecznie przekazać wiedzę.

Odczuwam satysfakcję, gdyż w ostatnich latach niemal zawsze podczas pytań podsumowujących lekcję, uzyskuję komplet poprawnych odpowiedzi. Wiem, że takie lekcje zakończone sukcesem zawdzięczam krytycznemu spojrzeniu na metodykę swojej pracy i elastycznemu podejściu do nauczania. Bez systemu interaktywnego nie byłoby to jednak takie łatwe.

Ad k) Powtarzanie podobnego lecz inaczej sformułowanego pytania (lub inny przykład) stanowi doskonałą formę utrwalania wiedzy.

Zgodnie z krzywą zapominania, np. krzywą Ebbinghausa [13], którą prezentuje na poniższy wykres, uczeń nie jest w stanie zapamiętać na dłużej nowo poznanej informacji bez odpowiednio zaplanowanych i konsekwentnie realizowanych powtórek. Wiemy doskonale, że uczniów, którzy systematycznie powracają do wiadomości poznanych na lekcjach jest

niewielu. Na metody utrwalania wiedzy może sobie jednak pozwolić nauczyciel, nie zaburzając przy tym struktury lekcji, gdy posiada odpowiednie narzędzie, np. w postaci pilotów interaktywnych. System taki pozwala prowadzącemu zajęcia na szybkie powtórki omawianych wcześniej najważniejszych zagadnień z poprzednich lekcji. W oparciu o ustalony przez nauczyciela systemem, np. opisany w pracy *The Wickelgren Power Law and the Ebbinghaus Saving Function*¹, może on wracać do wykorzystywanych wcześniej pytań lub je odpowiednio modyfikować. Jest to sprawdzona przeze mnie metoda, przynosząca oczekiwane rezultaty. Bez pilotów interaktywnych, takie powtórki byłyby dużo bardziej czasochłonne, mniej atrakcyjne dla ucznia i z pewnością mniej skuteczne.



Ilustracja 10: Krzywa zapominania Ebbinghausa [14].

Ad 1) Pytania pobudzają uczniów do myślenia i dyskusji. Uczniowie wykazują inicjatywę wzajemnego wyjaśniania sobie omawianego zagadnienia.

Niezwykle istotny jest fakt, że po odpowiedzi na pytanie nauczyciela, uczeń natychmiast otrzymuje informację, czy odpowiedział poprawnie. Nie można tego z żaden sposób porównać ze sprawdzianem wiedzy, po napisaniu którego uczeń otrzymuje informację

¹ $m = \lambda(1 + \beta t)^{-\psi}$ (gdzie m - ilość zapamiętanej informacji, λ - poziom pamięci trwałej, ψ - współczynnik zapominania, t - czas)

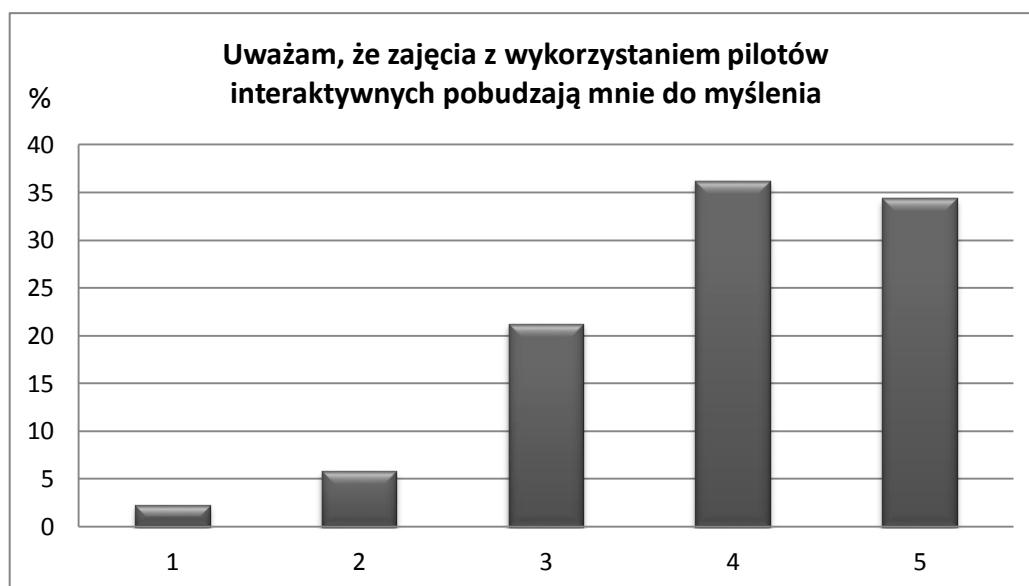
John T. Wixted, Shana K. Carpenter, *The Wickelgren Power Law and the Ebbinghaus Saving Function*, „Psychological Science” 2007, nr 18, s. 133-134

zwrotną kilka dni później. Uczeń w kilka dni po napisanym teście przeważnie nie pamięta, przy którym zagadnieniu miał najwięcej wątpliwości. Inaczej jest, gdy uczeń na bieżąco dowiaduje się, jakie było prawidłowe rozwiązanie. Analizuje i przetwarza informacje bardziej efektywnie, gdyż emocje, jakie towarzyszyły uczniowi podczas zmagania się z pytaniem jeszcze nie opadły.

Emocje, które towarzyszą uczniom widoczne są nie tylko po reakcjach uczniów na widok poprawnej odpowiedzi. Zawsze zostawiam uczniów sam na sam z ich myślami po prezentacji statystyk zebranych odpowiedzi. Okazuje się, że po kilku chwilach pojawiają się pierwsze pytania. Niekiedy wykrzywane spontanicznie i nieprzemyślane, ale najczęściej rzeczowe i dające początek zażartej dyskusji między uczniami. Uczniowie, zanim zdążę zabrać głos, omawiają poprawną odpowiedź, wyjaśniają dlaczego tylko ta odpowiedź jest prawidłowa. W skrajnych przypadkach przekonują innych do swojej racji. Zauważyłem również, że uczniowie nieśmiali, którzy nie chcą brać czynnego udziału w dyskusji zwracają się z prośbą do koleżanek i kolegów z sąsiednich miejsc o wyjaśnienie wątpliwości. Niekiedy dyskusja wraca podczas przerw lekcyjnych lub na kolejne zajęcia, w trakcie których proszony jestem o rozstrzygnięcie sporów.

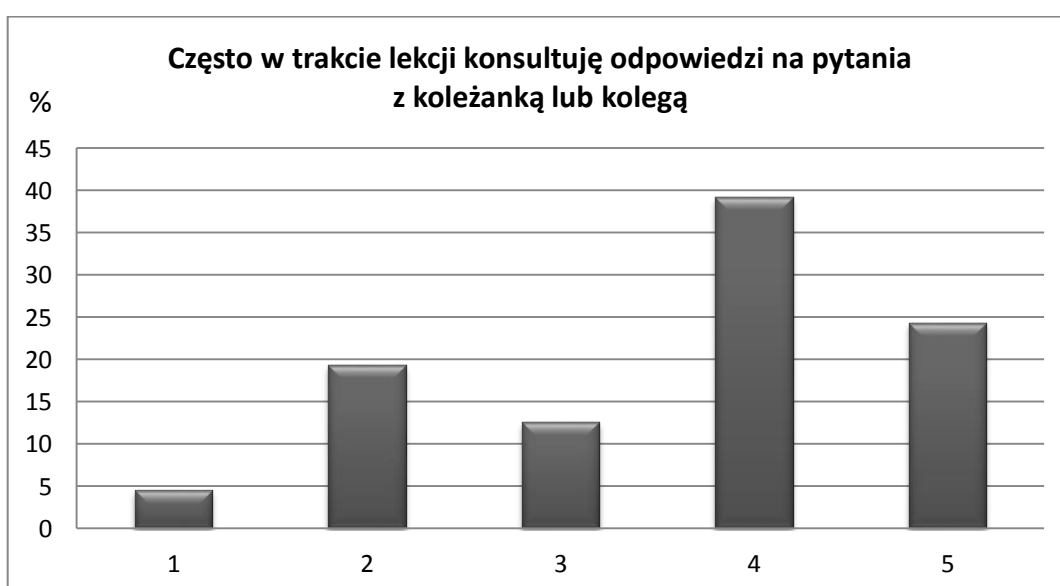
Nauczanie fizyki w sposób interaktywny jest więc metodą aktywizującą. Pobudza bowiem do przemyśleń i dyskusji.

Uczniowie zapytani w ankiecie, czy uważają, że lekcje, na których pojawiają się pytania działają pobudzająco, odpowiedzieli się bardzo pozytywnie. Na wykresie (zob. ilustracja 11) zestawione są wyniki ankiety, w której uczniowie mieli ocenić od 1 do 5 w jakim stopniu zgadzają się ze stwierdzeniem: „Uważam, że zajęcia z wykorzystaniem pilotów interaktywnych pobudzają mnie do myślenia”.



Ilustracja 11: Przedstawienie odpowiedzi uczniów w ankiecie, w której mieli oni ocenić (w skali od 1 do 5), w jakim stopniu zgadzają się ze stwierdzeniem, że zajęcia z wykorzystaniem pilotów interaktywnych pobudzają ich do myślenia.

Inne pytanie zawarte w ankiecie dotyczyło korzystania z możliwości konsultowania odpowiedzi z rówieśnikami z klasy. Chodzi oczywiście o dyskusje, które uczniowie mogą prowadzić na bieżąco, jeszcze w trakcie lekcji. Odpowiedzi na tak postawione pytanie zaprezentowane są na wykresie (ilustracja nr 12). Wynika z niego, że większość uczniów dość często bierze udział w takich dyskusjach. Wcale nie korzysta z takich możliwości mniej niż 5% ankietowanych.



Ilustracja 12: Przedstawienie odpowiedzi uczniów w ankiecie, w której mieli oni ocenić (w skali od 1 do 5), jak często konsultują odpowiedzi z koleżankami lub kolegami z klasy.

Ad m) Szczegółowe zestawienie odpowiedzi pozwala nauczycielowi na indywidualizację pracy z uczniem.

Nauczyciel po zebraniu odpowiedzi od wszystkich uczniów, po upływie określonego czasu, dokonuje szczegółowej analizy postępów w nauce całej grupy oraz każdego ucznia z osobna. Takie informacje są niezbędne, aby dopasować poziom wymagań oraz przygotować pytania skierowane do określonej grupy uczniów, aby kształtować te umiejętności, które wymagają większej uwagi.

Każdy uczeń inaczej reaguje na różne bodźce, każdy uczeń w różnym stopniu opanował wiedzę. Nauczyciel, który ma tego świadomość, dopasowuje metody pracy do konkretnej grupy uczniów. Analiza wyników odpowiedzi daje takie możliwości.

Dzięki rozbudowanemu oprogramowaniu analiza odpowiedzi uczniów jest zautomatyzowana, a nauczyciel ma do dyspozycji szereg statystyk i wykresów dotyczących każdego z uczniów i całej klasy.

Nauczyciel nie wykorzystuje wyników odpowiedzi do oceny ucznia. Może ją natomiast wykorzystać do udzielania informacji zwrotnej po przeanalizowaniu jego aktywności na lekcjach. Diagnoza polegająca na obserwacji postępów ucznia i określenie jego indywidualnych potrzeb jest podstawą nowoczesnego nauczania [15]. Dzięki narzędziom interaktywnym udaje się również uniknąć błędnej diagnozy ucznia przez nauczyciela. Niekiedy uczeń nie bierze czynnego udziału w zajęciach, nie podejmuje dyskusji, nie dlatego, że nie opanował materiału lub nie przygotował się do zajęć. Uczeń może być nieśmiały, wycofany lub może cierpieć na zaburzenia komunikacji. Uczeń może być również negatywnie nastawiony do przedmiotu, nauczyciela, instytucji szkoły, co przekłada się na niechęć do dalszej edukacji [15].

Dokładna diagnoza, indywidualizacja nauczania i w odpowiedni sposób przekazywana uczniowi informacja zwrotna (stymulująca jego rozwój wskazując dobre, ale i wymagające dopracowania obszary), prowadzi w konsekwencji do autorefleksji i samooceny. Uczeń ma świadomość współuczestniczenia w procesie kształcenia, co daje poczucie wiary i pewności siebie oraz satysfakcję z własnych osiągnięć.

Rozdział trzeci

Wyniki badań

W każdej nauce tyle jest prawdy, ile w niej jest matematyki.

Immanuel Kant

Nauka jest najbardziej efektywna wówczas, kiedy sprawia radość.

Peter Kline [16]

1. Badania skuteczności nauczania z wykorzystaniem systemu pilotów interaktywnych

- a) Jak prowadzone były badania?
- b) Wyniki badania skuteczności systemu.
- c) Wyniki badania wzrostu kompetencji nauczycieli.

Ad a) Jak prowadzone były badania?

Badania skuteczności opisywanego narzędzia prowadzone były równocześnie w dwóch szkołach. W obu placówkach lekcje fizyki odbywały się w ten sam sposób – obejmowały uczniów klas pierwszych różnych profili i dokonywane były w oparciu o program nauczania zgodny z podstawą programową. Zarówno ów program, jak i scenariusze kolejnych lekcji przygotowywane były wspólnie. Wszelkie modyfikacje czy poprawki nie mogły dokonać się bez obustronnej akceptacji i towarzyszyły im uprzednie konsultacje. Dzięki temu mamy pewność, iż badania prowadzone były w takich samych warunkach, a narzędzia interaktywne były jednakowe i wykorzystywane w identyczny sposób.

Badanie oparte było na testach: progowym na wejściu oraz końcowym po zakończeniu roku szkolnego. Identyczne badania powtarzane były co roku przez trzy kolejne

lata dla różnych uczniów tego samego poziomu edukacyjnego (klasy pierwsze szkoły średniej). Testy sprawdzały kluczowe umiejętności kształtowane w szkole:

- wyjaśnianie i przewidywanie zjawisk na podstawie znanego prawa.
- stosowanie praw fizycznych do rozwiązywania problemów.
- posługiwanie się pojęciami fizycznymi do opisywania zjawisk.
- obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem zależności fizycznych.
- interpretowanie i przetwarzanie danych zapisanych w postaci wykresu.
- planowanie zestawu eksperymentalnego, proponowanie przyrządów pomiarowych.
- odczytywanie danych zapisanych w postaci tabeli.
- uzasadnianie wyniku na podstawie posiadanych i podanych informacji.

Do sporządzenia wykresów wzięte zostały pod uwagę wyniki jedynie tych uczniów, którzy przystąpili do obu testów: początkowego i końcowego. Wyniki bazują na różnicy między wynikiem końcowym a początkowym dla każdego z badanych uczniów. Następnie korzystając z metod statystycznych oszacowany został średni przyrost wiedzy w danej grupie. Wzór na obliczanie przyrostu wiedzy wygląda następująco:

$$\frac{\sum_{k=1}^n (test_f - test_i)_k}{n}$$

$test_i$ – wynik testu wejściowego (początkowego),

$test_f$ – wynik testu wyjściowego (końcowego).

Dzięki temu uzyskane wyniki są bardziej wiarygodne, a niepewność pomiarowa, wyliczana na podstawie odchylenia standardowego, niższa.

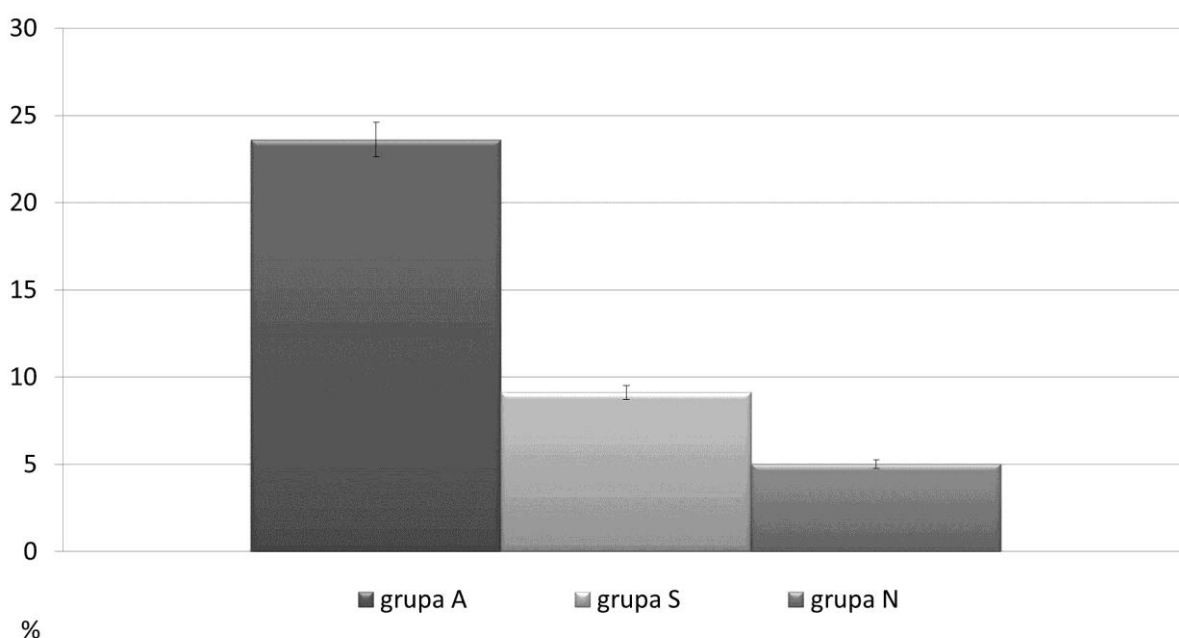
W czasie trzech lat szkolnych (2013/2014, 2014/2015 oraz 2015/2016) przebadanych zostało łącznie 621 uczniów, ok. 200 rocznie, w ośmiu równoległych klasach.

Liczba klas pierwszych we wszystkich trzech latach nauki umożliwiła dokonania podziału uczniów na trzy grupy. W pierwszej grupie piloty interaktywne wykorzystywane były na każdych zajęciach, niezależnie od ich typu, zarówno podczas lekcji podającej, przeprowadzania doświadczenia, jak i samodzielnej pracy uczniów. Grupa ta dla uproszczenia zapisu w dalszej części pracy i na wykresach opisana będzie literą A. Drugą grupę stanowią uczniowie, u których na zajęciach piloty interaktywne pojawiały się sporadycznie – najczęściej na lekcjach powtórzeniowych i niektórych lekcjach problemowych. Grupa ta będzie nazywana grupą S. Pozostali uczniowie (grupa N) nie korzystali z pilotów interaktywnych w ogóle. Należy podkreślić, że w każdej z trzech grup prowadzone były zajęcia tego samego typu. Różnił je wyłącznie sposób komunikacji między nauczycielem

a uczniami: we wszystkich trzech grupach pojawiały się te same pytania w trakcie lekcji, lecz jedynie w grupie A i sporadycznie w grupie S uczniowie jednocześnie odpowiadali na nie przy pomocy pilotów interaktywnych.

Ad b) Wyniki badania skuteczności systemu.

Przez trzy lata prowadzenia badań udało się zdiagnozować łącznie 621 uczniów. Wykres (ilustracja 13) przedstawia przyrost wiedzy i umiejętności nabytych na lekcjach fizyki dla poszczególnych trzech grup uczniów. Wysokości słupków odpowiadają różnicy między wynikami testów: wstępnego i końcowego. Najwyższy, wyraźnie odbiegający od pozostałych, wynik uzyskali uczniowie grupy nauczanej metodami interaktywnymi.

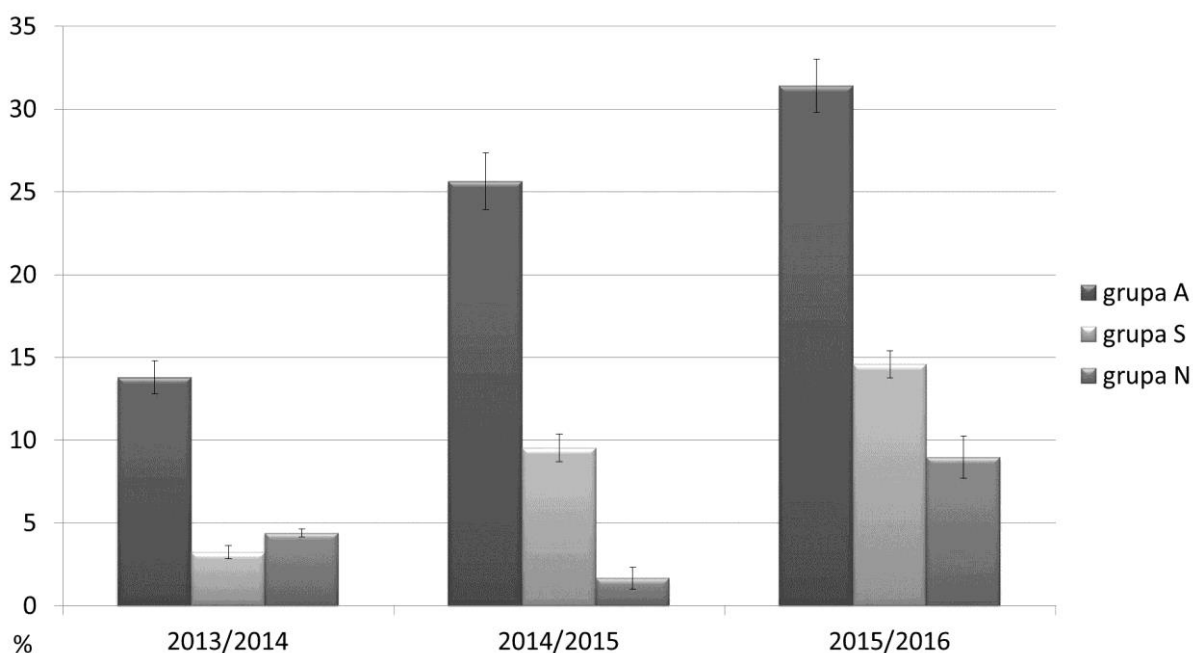


Ilustracja 13: Procentowy przyrost wiedzy uczniów. Średnia arytmetyczna różnic między wynikiem testu końcowego i początkowego. Wyniki zebrane w ciągu trzech lat dotyczą wszystkich 621 uczniów poddanych badaniu. W grupie A znaleźli się uczniowie korzystający z pilotów interaktywnych na wszystkich lekcjach, w grupie S – uczniowie nauczani interaktywnie jedynie na wybranych zajęciach. Z kolei grupę N stanowią uczniowie, u których nie pojawiały się piloty interaktywne na żadnej lekcji.

Wyniki badań przedstawione na powyższym wykresie nie pozostawiają wątpliwości co do skuteczności omawianego narzędzia. Widzimy bowiem, że wykorzystanie pilotów interaktywnych, nawet pojawiających się sporadycznie na zajęciach lekcyjnych, przynosi lepsze rezultaty niż nauczanie tradycyjne.

Ad c) Wyniki badania wzrostu kompetencji nauczycieli.

Okazało się, że oprócz wykazania skuteczności narzędzi interaktywnych udało się również zaobserwować wyraźny, ciągły wzrost jakości kształcenia. Jest to doskonale widoczne na wykresie porównującym średnie przyrosty wiedzy i umiejętności uczniów w trzech kolejnych latach trwania badań. Poniższy wykres przedstawia wyniki obliczone w każdym roku szkolnym z osobna. Słupki wykazują wyraźną tendencję potwierdzającą postawioną w rozprawie tezę. Nauczanie interaktywne, dzięki informacjom zwrotnym, które napływają do nauczyciela na bieżąco od wszystkich uczniów na każdych zajęciach, wpływa pozytywnie na podwyższanie skuteczności nauczania. Prowadzący zajęcia dzięki takim informacjom może nieustannie doskonalić stosowane metody pracy i umiejętności wpływania na uczniów, z powodzeniem eliminując przy tym nieskuteczne sposoby przekazywania wiedzy.



Ilustracja 14: Procentowy przyrost wiedzy uczniów w poszczególnych latach szkolnych (w każdym roku badaniu podlegało ok. 200 uczniów).

Średni znormalizowany przyrost wiedzy uczniów, przedstawiony w pracy [17] jako $\langle g \rangle$, pozwala w sposób obiektywny porównywać wyniki badań z różnych szkół. Sposób wprowadzony przez Richarda Hake'a uwzględnia przyrost wiedzy uczniów $\langle G \rangle$ w zależności od maksymalnego przyrostu wiedzy uczniów $\langle G \rangle_{\max}$. Eliminuje to możliwość zawyżania lub zaniżania wyników badań w niektórych szkołach ze względu na

różny poziom intelektualny młodzieży. Postanowiłem skorzystać również z tego pomysłu i opierając się na poniższym wzorze obliczyłem wartości czynnika $\langle g \rangle$:

$$\langle g \rangle = \frac{\langle G \rangle}{\langle G \rangle_{\max}} = \frac{\% \langle S_f \rangle - \% \langle S_i \rangle}{100 - \% \langle S_i \rangle},$$

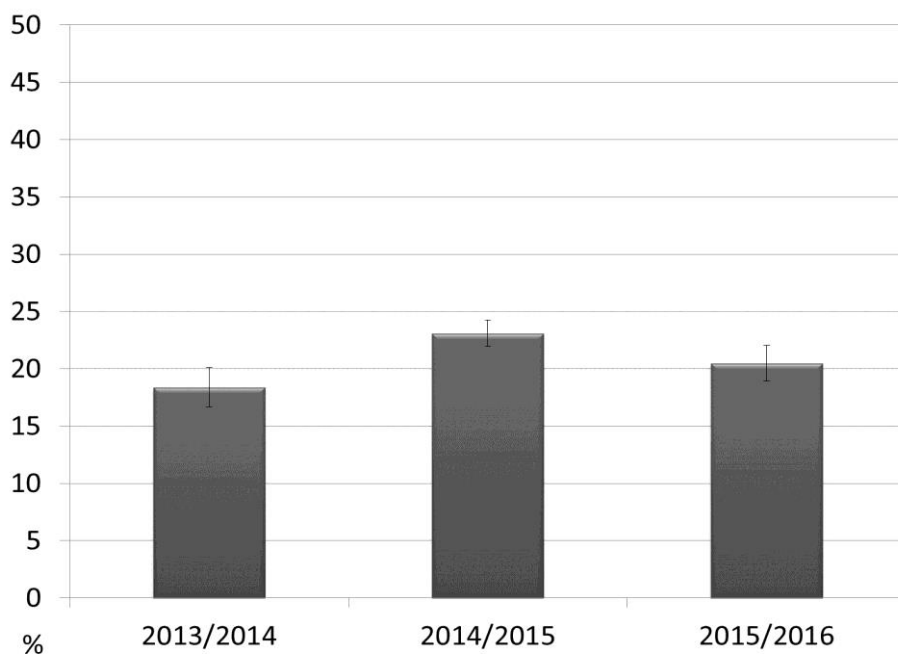
gdzie:

$\langle S_f \rangle$ - wynik testu końcowego,

$\langle S_i \rangle$ - wynik testu początkowego.

Czynnik $\langle g \rangle = 0.29$ w pierwszym roku badań, 0.49 w drugim oraz 0.68 w trzecim. W naszych badaniach czynnik $\langle g \rangle$ kształtuje się więc podobnie jak przedstawiona na powyższym wykresie wartość przyrostu wiedzy uczniów $\langle G \rangle$. Rokrocznie wykazuje on tendencję wzrostową w takim samym stopniu, jak można zauważyć na wykresie (ilustracja 14).

Na wykresie (ilustracja 14) zdecydowałem się na bezpośrednie porównanie przyrostów wiedzy, czyniąc tak ze względu na lepszą czytelność prezentowanych wyników. Pominięcie wpływu mianownika wzoru na czynnik $\langle g \rangle$ nie ma większego znaczenia dla tych wyników. Okazuje się bowiem, że badani uczniowie rokrocznie uzyskiwali zbliżone wyniki podczas testu wejściowego. Poniższy wykres, prezentujący średni wynik testu progowego dowodzi, że w każdym z trzech lat trwania badań mieliśmy do czynienia z wyrównanym poziomem początkowej wiedzy i umiejętności uczniów.



Ilustracja 15: Średni wynik testu wejściowego (progowego) uzyskany przez uczniów w poszczególnych latach prowadzonych badań.

2. Dyskusja wyników ankiet przeprowadzonych wśród uczniów

- a) Jak przebiegało badanie? Założenia ankiety.
- b) Preferencje uczniów dotyczące formy zajęć lekcyjnych z fizyki.
- c) Zalety systemu pilotów interaktywnych według uczniów.
- d) Skuteczność systemu pilotów interaktywnych zdaniem uczniów.

Ad a) Jak przebiegało badanie? Założenia ankiety.

Wśród uczniów korzystających stale z pilotów interaktywnych na zajęciach szkolnych przeprowadzona została ankieta. Głównym celem badania było poznanie ich opinii na temat wad i zalet systemu pilotów interaktywnych, osobistych preferencji dotyczących formy zajęć lekcyjnych fizyki oraz zainteresowania naukami ścisłymi. W ankiecie mogli wypowiedzieć się nie tylko uczniowie klas pierwszych (do których ograniczony był zakres badań dotyczący skuteczności narzędzia), ale również uczniowie klas starszych. Dzięki temu w badaniu wzięło udział aż 1541 respondentów.

Ankiety zawierały zarówno pytania zamknięte, jak i otwarte. Pytania zamknięte dotyczące oceny atrakcyjności lekcji, opinii dotyczących wad i zalet systemu itp. zawierały jedynie pola od 1 do 5, co miało za zadanie ułatwić uczniom odpowiedź i zachęcić do niepominania tychże pytań. Pola ocen zostały zdefiniowane następująco:

- 1 - wcale się nie zgadzam (0%);
- 2 - raczej się nie zgadzam (25%);
- 3 - nie mam zdania (50%);
- 4 - raczej się zgadzam (75%);
- 5 - zdecydowanie się zgadzam (100%).

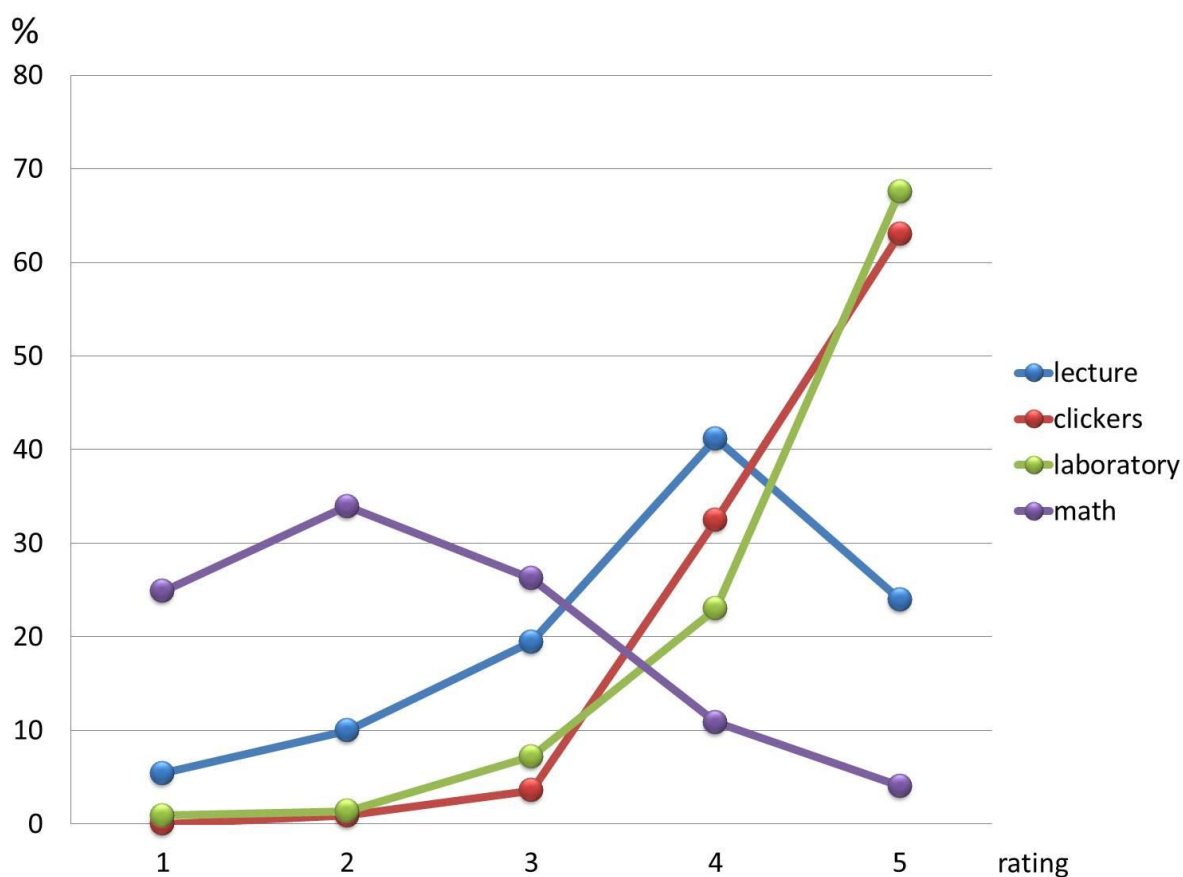
Ankiety miały formę papierową i nie zawierały pytań pozwalających na jakąkolwiek identyfikację uczniów. Dzięki temu ankietowani mieli absolutną pewność, że udzielając szczerych odpowiedzi pozostaną całkowicie anonimowi. To z kolei zagwarantowało rzetelność przeprowadzonych badań – dało pewność, iż odpowiedzi odzwierciedlają rzeczywiste emocje i spostrzeżenia uczniów. Na kartce było miejsce na uzasadnienie lub dodatkowe uwagi, które zostało przez niektóre osoby uzupełnione.

Na podstawie opinii na temat funkcjonowania systemu pilotów interaktywnych mogę stwierdzić, że odczucia uczniów pokrywają się ze wszystkimi postawionymi przeze mnie tezami. Z części odpowiedzi udzielonych przez uczniów skorzystałem w rozdziale czwartym,

w którym prezentowane korzyści z zastosowania pilotów interaktywnych starałem się poprzeć danymi z ankiet uczniowskich.

Ad b) Preferencje uczniów dotyczące formy zajęć lekcyjnych z fizyki.

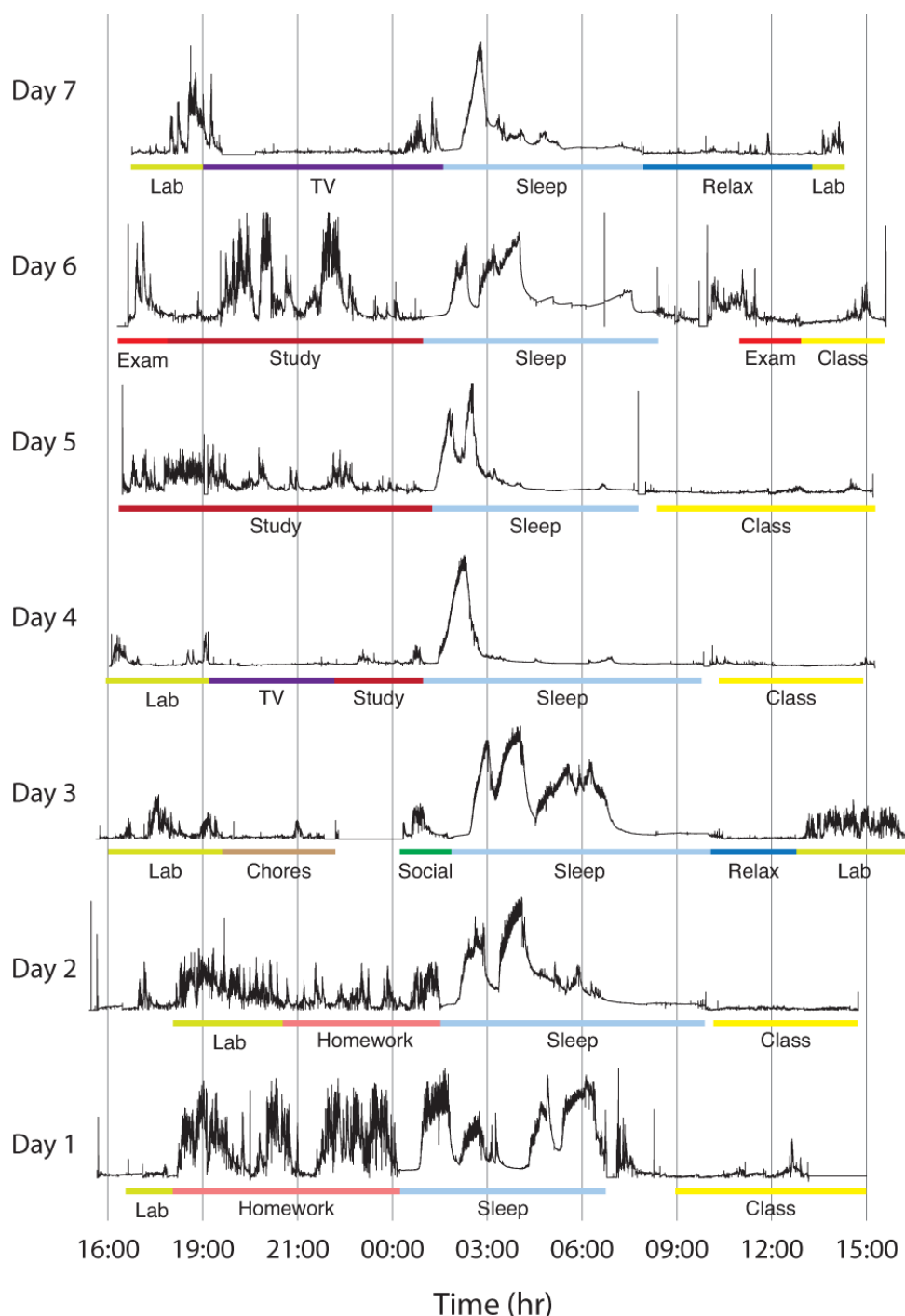
Wyniki ankiety prezentowane na poniższym wykresie jednoznacznie wskazują na fakty, które były – jak sądzę – do przewidzenia. Uczniowie zdecydowanie najchętniej uczestniczyli w zajęciach laboratoryjnych oraz lekcjach z wykorzystaniem pilotów interaktywnych. Mniejszym zainteresowaniem cieszyły się natomiast wykłady i ćwiczenia rachunkowe. Wykres (ilustracja 16) przedstawia procentowe zestawienie udzielonych przez uczniów odpowiedzi na pytanie, jak wysoko (od 1 do 5) oceniają formy zajęć: wykład (ang. *lecture*), lekcje z pilotami interaktywnymi (ang. *clickers*), laboratoria (ang. *laboratory*) oraz ćwiczenia rachunkowe (ang. *math*).



Ilustracja 16: Rozkład procentowy preferencji uczniów dotyczących zajęć lekcyjnych. Na wykresie przedstawiono procent uczniów, którzy oceniali (od 1 do 5) każdy z etapów (rodzajów) zajęć z fizyki.

Wniosek: wzięwszy pod uwagę opinie uczniów oraz fakt, że niezbyt wysoko oceniane są ćwiczenia rachunkowe, należy konstruować zajęcia, w których narzędzia interaktywne pozwalają uczniom przebrnąć przez trudne i najmniej atrakcyjne fragmenty materiału.

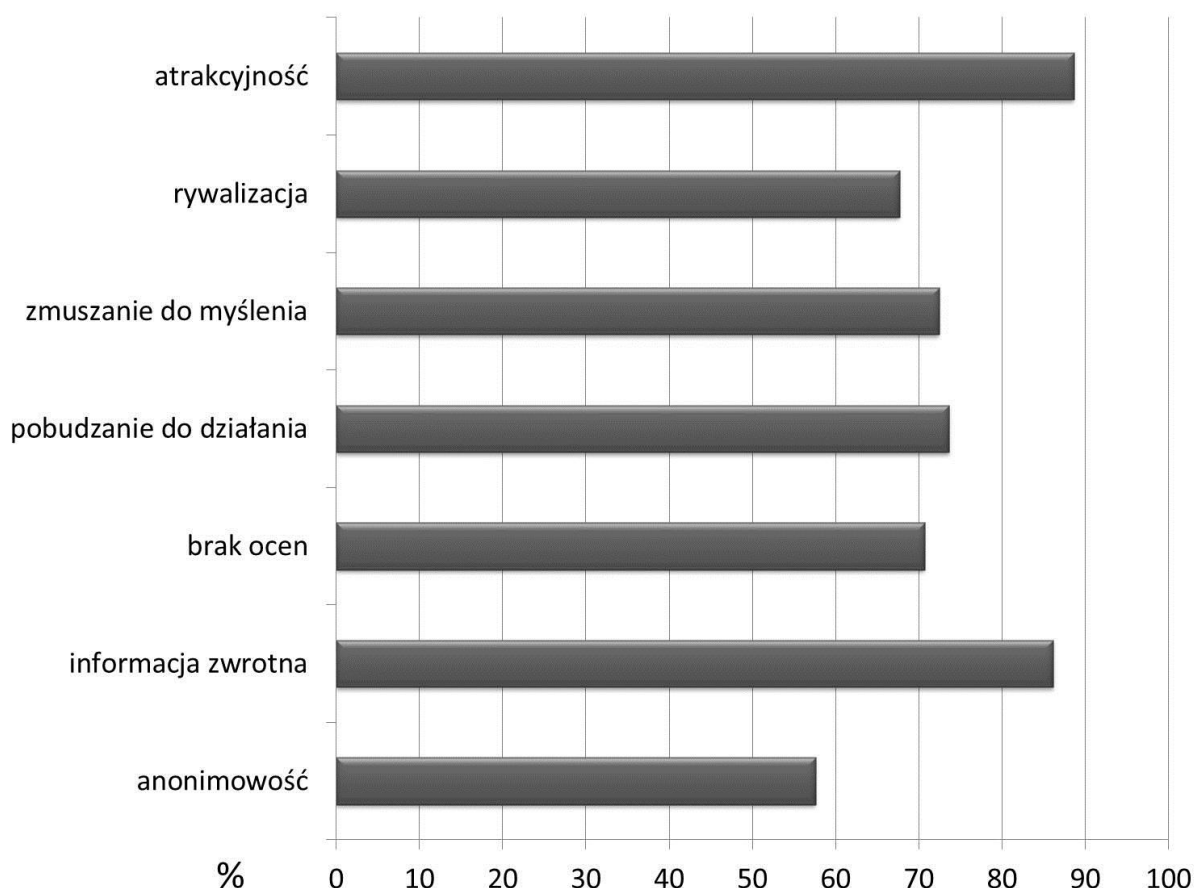
W pracy z roku 2010: *A Wearable Sensor for Unobtrusive, Long-Term Assessment of Electrodermal Activity* znajduje się wykres prezentujący badaną aktywność współczulnego układu nerwowego pewnego studenta. Wyraźnie rzuca się w nim w oczy brak aktywności w czasie trwania zajęć edukacyjnych. Jest ona porównywalna z relaksem intelektualnym lub bezmyślnym wpatrywaniem się w ekran telewizora. Zauważyć można za to wyraźne pobudzenie układu nerwowego na zajęciach laboratoryjnych i podczas samodzielnej nauki. Potwierdza to moje przekonanie o pozytywnym wpływie na słuchaczy aktywizujących metod nauczania.



Ilustracja 17: Wykres przedstawia EDA (Electrodermal Activity) – pomiary przewodnictwa skóry rejestrowane przez siedem dni podczas normalnych czynności wykonywanych przez badanego studenta. [18]

Ad c) Zalety systemu pilotów interaktywnych według uczniów.

Z przeprowadzonej ankiety jednoznacznie wynika, że wymienione przeze mnie zalety narzędzia dydaktycznego, jakim są piloty interaktywne, zauważają również sami uczniowie. Poniższy wykres przedstawia ich uśrednioną ocenę korzyści płynących z wykorzystywania systemu „clickersów”.



Ilustracja 18: Procent uczniów wskazujących konkretne korzyści, jakie wg nich płyną z korzystania z „clickersów”, dla których stanowią one istotny czynnik w procesie uczenia się.

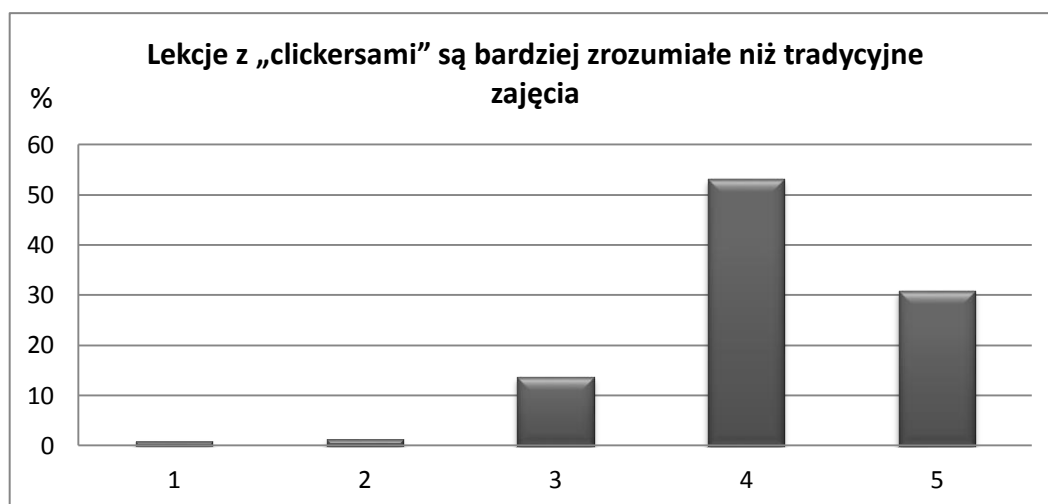
Uczniowie najwyżej ocenili atrakcyjność tego typu zajęć i natychmiastową informację zwrotną. Warto w tym miejscu podkreślić, iż niemal wszyscy ankietowani uczniowie jednogłośnie stwierdzili, że lekcje, na których wykorzystywane są piloty interaktywne, są zdecydowanie mniej stresujące niż pozostałe zajęcia (zob. ilustracja 19).



Ilustracja 19: Przedstawienie odpowiedzi uczniów w ankiecie, w której mieli oni porównać (w skali od 1 do 5) stopień stresu wynikający z korzystania na zajęciach z pilotów interaktywnych do poziomu stresu na pozostałych zajęciach.

Ad d) Skuteczność systemu pilotów interaktywnych zdaniem uczniów.

Uczniowie na podstawie wcześniejszych doświadczeń wyniesionych z innych szkół nie zawsze uważają fizykę za przedmiot łatwy i przyjemny. Zmieniają jednak zdanie, gdy nauczyciel daje im możliwość kontrolowania swoich postępów w nauce poprzez bieżącą informację zwrotną. Nie uważam, że fizyka z dnia na dzień staje się ich ulubionym lub najchętniej wybieranym przedmiotem w szkole, ale na pewno jest bardziej zrozumiała niż uczniowie przedtem sądzili. Potwierdzają to opinie uczniów na temat postawionej w ankiecie tezy dotyczącej wpływu wykorzystania pilotów jednoczesnych odpowiedzi na lepsze rozumienie omawianych treści. Ok. 85% ankietowanych zgodziło się z tym stwierdzeniem, co prezentuje wykres na ilustracji 20.



Ilustracja 20: Przedstawienie odpowiedzi uczniów w ankiecie, w której mieli oni ocenić stopień (w skali od 1 do 5), w jakim wykorzystywanie pilotów interaktywnych na zajęciach przekłada się na to, że lekcje te stają się bardziej zrozumiałe.

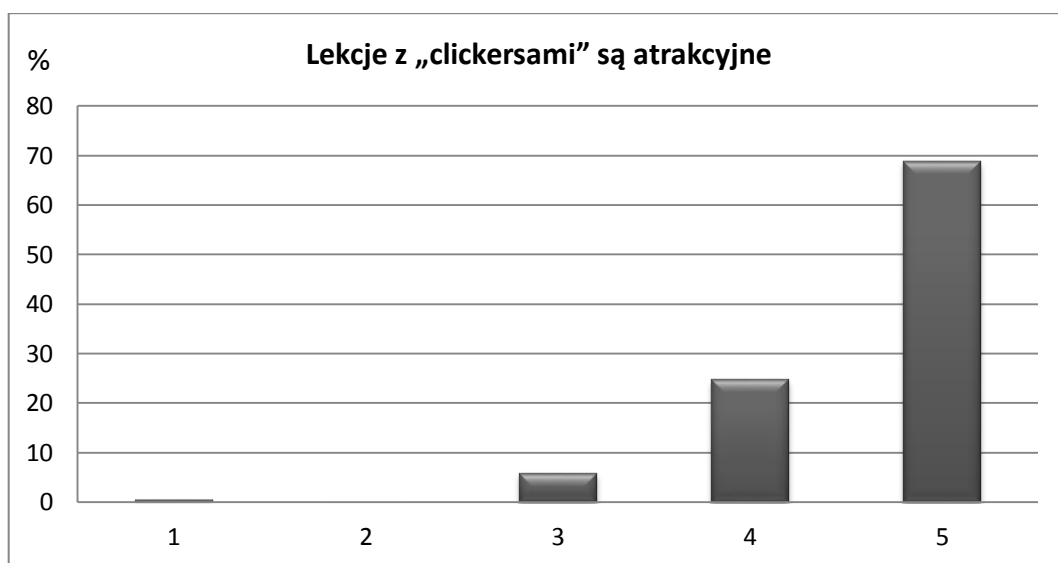
Poniższy wykres przedstawia zestawienie odpowiedzi na kolejne pytanie zadane w ankiecie. Uczniowie zostali poproszeni o opinię, w jakim stopniu (od 1 do 5) zgadzają się ze stwierdzeniem, że informacja zwrotna podczas lekcji z wykorzystaniem pilotów interaktywnych pozytywnie wpływa na ich samokontrolę i samoocenę. Im wyższa ocena, tym trafniejsze według nich staje się twierdzenie, że dzięki pilotom interaktywnym, mają oni świadomość, którego fragmentu lekcji, zagadnienia, wzoru itp. nie rozumieli. Okazuje się, że uczniowie zgadzają się z tym stwierdzeniem, a zatem narzędzie spełnia swoją rolę również jako narzędzie informująco–motywujące.



Ilustracja 21: Przedstawienie odpowiedzi uczniów w ankiecie, w której mieli oni ocenić stopień (w skali od 1 do 5), w jakim wykorzystywanie pilotów interaktywnych na zajęciach przekłada się na diagnozowanie przez nich zaległości w nauce.

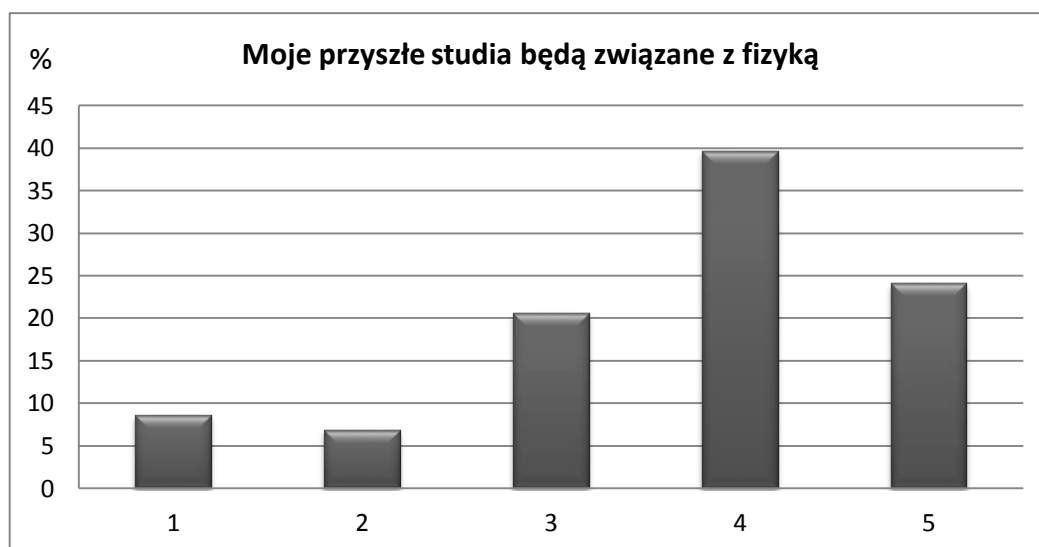
Niższe zainteresowanie naukami ścisłymi, w szczególności fizyką, może być następstwem nieodpowiedniego podejścia do nauczania tego przedmiotu w drugim i trzecim etapie nauczania. Wyniki badań zaprezentowane przez grupę z Politechniki Koszalińskiej są alarmujące. Według nich „niespełna 7,1 proc. badanych uczniów deklaruje wysokie zainteresowanie tym przedmiotem”. Dzieje się tak głównie dlatego, że „uczniowie nie postrzegają fizyki jako przedmiotu atrakcyjnego – uważają, że jest on trudny i skomplikowany” [19]².

Wyniki ankiety przeprowadzonej przeze mnie przynoszą promyk nadziei. Zestawienie odpowiedzi na dwa kolejne pytania zaprezentowane są na ilustracjach 22 i 23. Pierwsze z nich odpowiada na pytanie o atrakcyjność nowoczesnie i interaktywnie prowadzonych zajęć z fizyki. Drugie z kolei jest pytaniem wprost o zainteresowanie uczniów naukami ścisłymi. Okazuje się, że uczniowie uczestniczący w lekcjach prowadzonych w sposób według nich atrakcyjny częściej wiążą swoje przyszłe studia, a więc i swoją przyszłość, z naukami, w których fizyka będzie przynajmniej jednym z przedmiotów.



Ilustracja 22: Przedstawienie odpowiedzi uczniów w ankiecie, w której mieli oni ocenić stopień (w skali od 1 do 5), w jakim wykorzystywanie pilotów interaktywnych na zajęciach wpływa na ich atrakcyjność.

² Badanie przeprowadzone zostało „w 2011 r. przez Zespół Projektowy Politechniki Koszalińskiej na grupie 3000 uczniów z klas I-III szkół ponadgimnazjalnych z woj. lubuskiego i zachodniopomorskiego”.



Ilustracja 23: Przedstawienie odpowiedzi uczniów w ankiecie, w której mieli oni ocenić (w skali od 1 do 5), w jakim stopniu fizyka będzie im towarzyszyła w dalszej karierze. W wyjaśnieniu do pytania pojawiło się stwierdzenie, że chodzi również o studia, na których jednym z przedmiotów w siatce byłaby fizyka. Respondentami tej części ankiety byli jedynie uczniowie starszych klas.

Rozdział czwarty

Przykłady wykorzystania systemu na zajęciach edukacyjnych z fizyki

Wszystko trzeba robić tak prosto, jak to jest możliwe, ale nie prościej

Albert Einstein

Myślenie należy kształtować na przykładach, (...) fizyka świetnie nadaje się do uczenia logicznego, przyczynowo–skutkowego myślenia

Iwo Białynicki–Birula

Dokonałem selekcji zamieszczonych przeze mnie przykładów ze względu na rodzaje pytań. Zaznaczam, iż jest to podział subiektywny. Pytania mogą być wykorzystane na każdym innym etapie lekcji i na zajęciach różnego typu.

- a) Pytania sprawdzające stopień zrozumienia fragmentów lekcji.
- b) Pytania sprawdzające zrozumienie tematu, podsumowujące.
- c) Pytania zachęcające do wyciągania wniosków z poznanych praw fizycznych.
- d) Pytania sprawdzające umiejętności łączenia faktów.
- e) Pytania związane z przewidywaniem rozwiązania problemu fizycznego.
- f) Pytania związane z przewidywaniem wyniku doświadczenia.
- g) Pytania sprawdzające umiejętności czytania ze zrozumieniem.

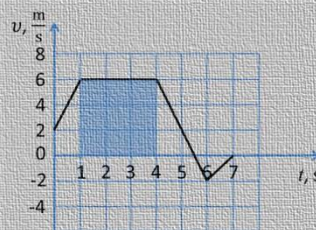
Ad a) Pytania sprawdzające stopień zrozumienia fragmentów lekcji.

Pytania zadawane pięć do siedmiu razy po każdym etapie omawianego materiału – pozwalają kontrolować tempo zajęć oraz wskazują nauczycielowi ewentualną potrzebę dodatkowych wyjaśnień i powtórek.

W trakcie lekcji, szczególnie gdy omawiany jest trudny materiał, nauczyciel powinien zadbać o to, aby oddzielać jego poszczególne fragmenty krótkimi pauzami. Przerwy w lekcji są niezbędnym czasem na przemyślenie i uporządkowanie wiedzy. Wplatanie pytań staje się pretekstem do stwarzania (aranżowania) takich sytuacji.

Przykład 1

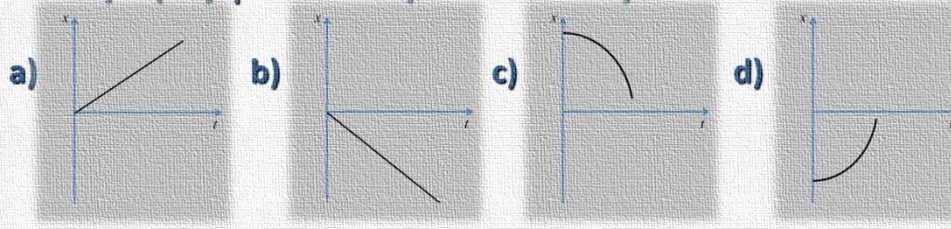
Pole prostokąta zaznaczonego na wykresie $v(t)$ liczbowo wynosi 18. W jakich jednostkach otrzymamy ten wynik?



- a) $\frac{m}{s}$. b) $\frac{m}{s^2}$. c) s . d) m . e) $\frac{s^2}{m}$. f) $m \cdot s$.

Przykład 2

Prawidłową zależność $x(t)$ ciała poruszającego się „do przodu” ze stałym przyspieszeniem przedstawia wykres:



Przykład 3

Jeżeli koń wykonuje jeden obieg w czasie 10 s, to porusza się z częstotliwością równą:

- a) 10 s; b) 10 Hz; c) 0,1 s; d) 0,1 Hz; e) $\frac{1}{6} \frac{1}{s}$.

Przykład 4

Na które ciało na pewno nie działa wypadkowa siła wywołująca przyspieszenie?

A - Samochód poruszający się ruchem prostoliniowym.

B - Krzeselko karuzeli poruszające się ruchem jednostajnym po okręgu.

C - Sanki zjeżdżające w linii prostej z niewysokiej góry ze stałą prędkością.

1) jedynie A;

2) jedynie B;

3) jedynie C;

4) A i C.

5) A, B i C.

6) na żadne z wymienionych.

Przykład 5

W przypadku toczącej się po gładkim stole idealnej kuli możemy mówić:

a) jedynie o ruchu postępowym;

b) jedynie o ruchu obrotowym;

c) o złożeniu ruchów: postępowego i obrotowego;

d) o ruchu złożonym, którego nie da się opisać ruchem postępowym ani obrotowym.

Przykład 6

Wskaż poprawną kolejność, według wzrastającej wartości pędów ciał: pociągu towarowego, rowerzysty, wróbla.

Prędkości pociągu, rowerzysty i wróbla wynoszą odpowiednio:

$$v_p = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}, v_{cz} = 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}, v_w = 22 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

a) pociąg, wróbel, człowiek;

b) pociąg, człowiek, wróbel;

c) wróbel, pociąg, człowiek;

d) wróbel, człowiek, pociąg;

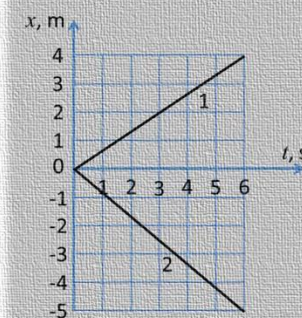
e) człowiek, pociąg, wróbel;

f) człowiek, wróbel, pociąg.

Ad b) Pytania sprawdzające zrozumienie tematu, podsumowujące.

Zadawane raz lub dwa razy pod koniec zajęć; przed, po lub zamiast podsumowania.

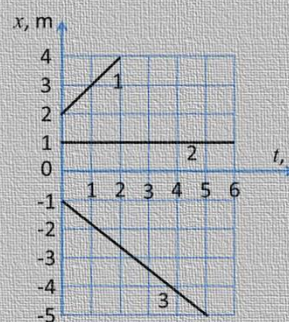
Przykład 1



Na wykresie przedstawiono przemieszczenia dwóch ciał.

- a) Współrzędna położenia ciała 2 jest większa niż współrzędna ciała 1.
- b) Ciało 1 pokonało większą drogę od ciała 2.
- c) Ciało 1 i 2 poruszają się z prędkościami o jednakowych współrzędnych, lecz w przeciwne strony.
- d) Ciało 2 porusza się z prędkością o większej wartości niż ciało 1.

Przykład 2

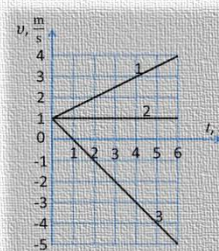


Wskaż stwierdzenie fałszywe.

- a) Ciało „2” spoczywa.
- b) Ciało „1” porusza się ze stałą prędkością.
- c) Prędkość ciała (jego współrzędna) „3” wynosi -1 m/s .
- d) Prędkość ciała „1” wynosi 1 m/s .

Przykład 3

Wykres zależności prędkości ciała od czasu $v(t)$ przedstawia ruch trzech ciał. Wskaż zdanie fałszywe.



- a) Ciało „1” i „2” w pierwszej sekundzie ruchu poruszają się szybciej od ciała „3”.
- b) Ciało „2” spoczywa.
- c) Wartość przyspieszenia ciała „3” jest większa niż ciała „2”.

Przykład 4

Wskaż stwierdzenie fałszywe. Siły wzajemnego oddziaływania:

- a) mają przeciwne zwroty;
- b) równoważą się;
- c) zawsze mają jednakowy kierunek;
- d) zawsze mają jednakową wartość;
- e) są przyłożone do różnych ciał.

Przykład 5

Na stole leży książka. Które działające siły się równoważą?

- a) Siła, którą stół działa od dołu na książkę i siła, z jaką książka naciska z góry na stół.
- b) Siła, którą stół działa od dołu na książkę i siła grawitacji, z jaką Ziemia przyciąga książkę.
- c) Siła grawitacji, z jaką Ziemia przyciąga książkę i siła, z jaką książka naciska z góry na stół.
- d) We wszystkich powyższych sytuacjach.

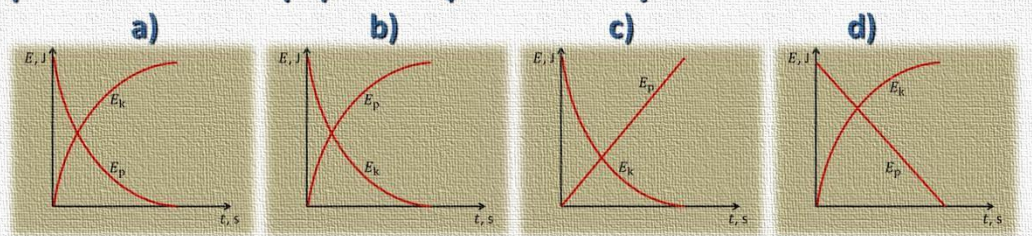
Przykład 6

Ruch obrotowy bryły sztywnej to ruch wszystkich punktów bryły wokół wspólnej osi obrotu. Wszystkie punkty bryły nieforemnej nieleżące na osi w takim ruchu:

- a) pokonują jednakową drogę w trakcie pełnego obrotu;
- b) mają jednakową szybkość liniową;
- c) wykonują pełny obrót w jednakowym czasie;
- d) są jednakowo oddalone od osi obrotu.

Przykład 7

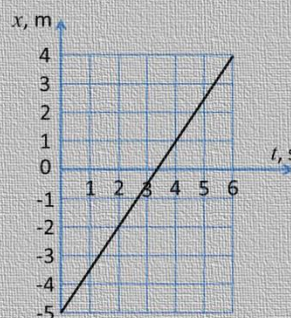
Przemiany energii w przypadku spadku swobodnego tuż przy powierzchni Ziemi poprawnie przedstawia wykres:



Ad c) Pytania zachęcające do wyciągania wniosków z poznanych praw fizycznych.

Pytania sprawdzające zdolności myślenia matematycznego i przyczynowo-skutkowego. Najlepsze są takie, które zmuszają do zastanowienia, refleksji, budzą zdziwienie.

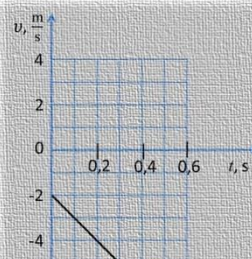
Przykład 1



Przemieszczenie ciała przedstawiono na wykresie. Prędkość średnia tego ciała w czasie dwóch pierwszych sekund wynosi:

- a) $-\frac{5}{2} \frac{\text{m}}{\text{s}}$; b) $-\frac{3}{2} \frac{\text{m}}{\text{s}}$; c) $-1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; d) $1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; e) $\frac{3}{2} \frac{\text{m}}{\text{s}}$; f) $\frac{5}{2} \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Przykład 2



Jaką sytuację ilustruje wykres $v(t)$?

- a) Spadek swobodny.
b) Rzut pionowy w dół z prędkością początkową $-2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.
c) Spadek swobodny z innym przyspieszeniem niż $-9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ (np. z uwzględnieniem oporu powietrza).
d) Rzut pionowy w górę z prędkością początkową $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Przykład 3

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad v = \frac{2\pi r}{T}$$

Wiedząc, że prędkość kątowna ciała poruszającego się po okręgu o promieniu 5 m wynosi $20 \frac{1}{s}$, można stwierdzić, że jego prędkość liniowa (średnia wartość prędkości) wynosi:

- a) $0,25 \frac{m}{s}$; b) $4 \frac{m}{s}$; c) $5 \frac{m}{s}$; d) $20 \frac{m}{s}$; e) $100 \frac{m}{s}$.

Przykład 4

Jednostką współczynnika tarcia f jest:

- a) 1 N; b) $1 N^2$; c) $\frac{1}{N}$; d) $\frac{1}{N^2}$.
e) Współczynnik jest bezwymiarowy.

$$F_{Tmax} = f_s \cdot F_N$$

$$F_T = f_k \cdot F_N$$

Przykład 5



Piłka pchnięta poziomą siłą \vec{F} , której wektor przechodzi przez środek masy piłki, zacznie się toczyć, czyli poruszać zarówno ruchem postępowym, jak i obrotowym, ponieważ:

- a) zderzenie piłki z palcem nie jest idealnie sprężystym zderzeniem;
b) oprócz siły \vec{F} działa na kulę dodatkowo siła grawitacji;
c) oprócz siły \vec{F} działa na kulę dodatkowo siła tarcia podłoża.

Przykład 6

Poprzez analogię między ruchem postępowym a ruchem obrotowym, można zapisać drugą zasadę dynamiki w ruchu obrotowym w postaci:

a) $a = \frac{M}{I}$;

b) $\varepsilon = \frac{M}{I}$;

c) $a = \frac{I}{M}$;

d) $\omega = \frac{F}{I}$;

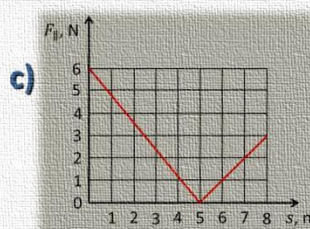
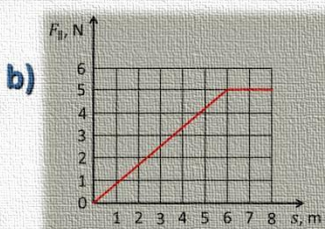
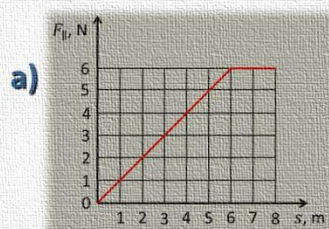
e) $\varepsilon = \frac{F}{I}$;

f) $\omega = \frac{F}{M}$;

$$a = \frac{F}{m}$$

Przykład 7

Praca wykonana na przemieszczenie ciała o 5 m wynosi 15 J.
Który wykres pasuje to opisanego przypadku?



Przykład 8

Energia kinetyczna może być ujemna:

- a) jedynie, gdy ciało porusza się przeciwnie do osi x ;
- b) jedynie, gdy ciało hamuje, czyli v maleje;
- c) jedynie, gdy praca wykonana przez siłę \vec{F} na drodze s na rozpędzenie ciała skierowana jest przeciwnie do osi x .
- d) Energia kinetyczna ciała nigdy nie będzie ujemna.

Ad d) Sprawdzające umiejętności łączenia faktów.

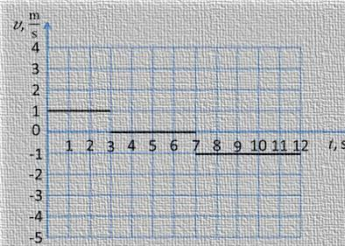
Pytania, które sprawdzają, czy uczeń potrafi powiązać nowo poznane wiadomości z prawami poznanymi wcześniej.

Przykład 1

Ciało poruszające się ruchem jednostajnym prostoliniowym:

- a) nie może skręcać, lecz może zawrócić;**
- b) nie może zmieniać wartości prędkości, lecz może delikatnie skręcać;**
- c) nie może zmieniać kierunku ruchu, lecz może się poruszać przeciwnie do zwrotu osi x ;**
- d) może być ciałem spadającym swobodnie z niewielkiej wysokości.**

Przykład 2



Wykres zależności prędkości ciała od czasu $v(t)$ przedstawia ruch windy. Między 3 a 7 sekundą ruchu winda:

- a) poruszała się w górę;**
- b) poruszała się w dół;**
- c) nie poruszała się.**

Przykład 3

Człowiek usiłuje przesunąć ciężką skrzynię po płaskiej powierzchni, przykładając poziomą siłę o wartości 100 N. Mimo tego skrzynia nie rusza z miejsca. Jedyna siła oporu – siła tarcia ma wówczas wartość:

- a) równą 0 N;**
- b) większą od 0 N lecz mniejszą niż 100 N;**
- c) równą 100 N;**
- d) większą od 100 N.**
- e) Nie da się tego oszacować.**

Przykład 4

Pytanie dotyczy poprzedzającego je pokazu, najlepiej z udziałem uczniów. Ostatecznie można wykorzystać film, np. reklamę społeczną przedstawiającą skutki nieużywania pasów bezpieczeństwa podczas jazdy samochodem.

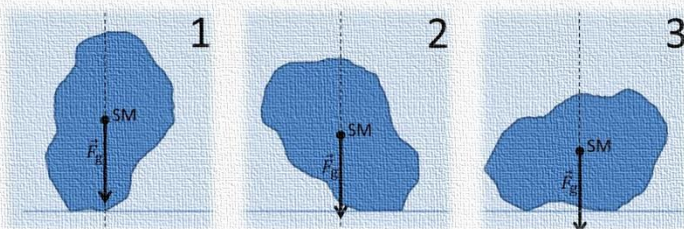
Człowiek nieprzypięty pasami bezpieczeństwa w przedstawionej sytuacji uderzył w przednią szybę samochodu ponieważ:

- a) nie działała na niego żadna siła, więc poruszał się on zgodnie z pierwszą zasadą dynamiki ruchem jednostajnym prostoliniowym;**
- b) zaczęła na niego działać wypadkowa siła, więc zgodnie z drugą zasadą dynamiki zaczął on poruszać się z przyspieszeniem;**
- c) na samochód i na pasażera zadziałała siła skierowana przeciwnie do początkowego ruchu pojazdu. Ruch człowieka spowodowała zgodna z trzecią zasadą dynamiki siła reakcji.**

Przykład 5

Zaznacz poprawne zależności wartości energii potencjalnych bryły.

- a) $E_{p1} = E_{p2} = E_{p3}$.**
- b) $E_{p1} > E_{p2} > E_{p3}$.**
- c) $E_{p1} < E_{p2} < E_{p3}$.**

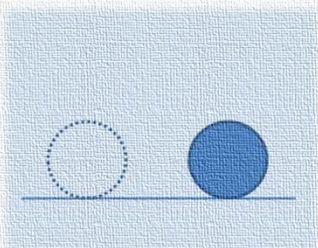


Przykład 6

Inny przykład dotyczący definicji energii potencjalnej.

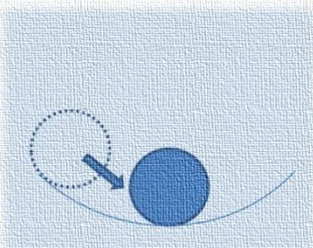
RÓWNOWAGA OBOJĘTNA

ma miejsce wtedy,
gdy po wychyleniu
ciała jego środek
ciężkości znajduje
się na tej samej
wysokości co przed
wychyleniem.



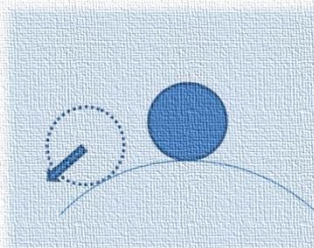
RÓWNOWAGA TRWAŁA (STABILNA)

ma miejsce wtedy,
gdy ciało wychylone
z położenia
równowagi
samoczynnie do
niego wraca.



RÓWNOWAGA CHWIEJNA (NIESTABILNA)

ma miejsce wtedy,
gdy ciało wychylone z
położenia równowagi
nie wraca do niego,
ale znajduje inne
położenie równowagi.



W równowadze chwiejnej (niestabilnej) pozostaje ciało, które w przedstawionej sytuacji ma:

- a) najniższą wartość energii potencjalnej;
- b) najwyższą wartość energii potencjalnej;
- c) stan równowagi niezależny od energii potencjalnej ciała.

Przykład 7

Które z wymienionych sił na pewno nie może wykonywać pracy?

1. Siła tarcia kinetycznego. 2. Siła dośrodkowa. 3. Siła grawitacji.

- a) Tylko 1.
- b) Tylko 2.
- c) Tylko 3.
- d) Tylko 2 i 3.
- e) 1, 2 i 3.
- f) Żadna z wymienionych powyżej.

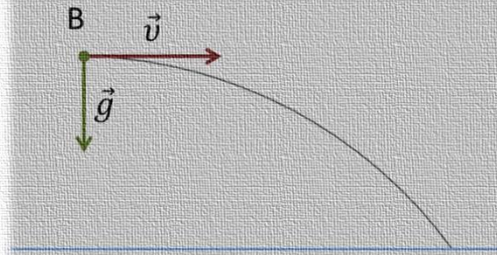
Ad e) Pytania związane z przewidywaniem rozwiązania problemu fizycznego.

Sprawdzające umiejętności wnioskowania na podstawie obserwacji, nabytych wcześniej umiejętności lub wiedzy pozaszkolnej.

Przykład 1

Gdy pominiemy opory ruchu, to prędkość ciała w kierunku poziomym \vec{v} :

- a) maleje do zera;
- b) maleje, lecz nie do zera;
- c) rośnie.
- d) pozostaje stała.

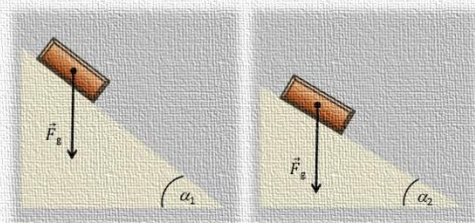


Przykład 2

Ten sam narciarz zjeżdża z dwóch

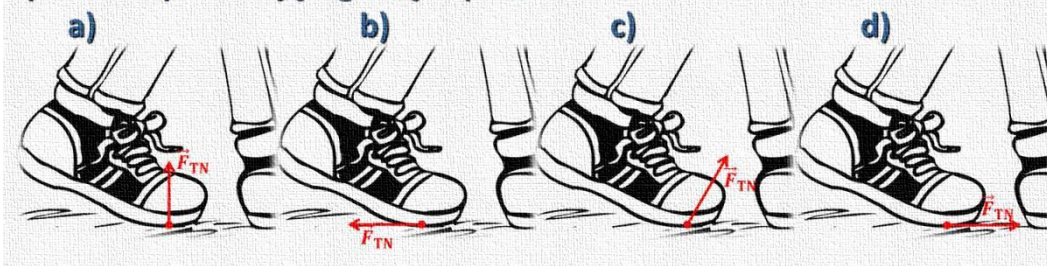
stoków, $\alpha_1 > \alpha_2$ (jak na ilustracjach). Wskaż zdanie prawdziwe.

- a) Im bardziej stromy stok, tym słabiej narciarz naciska na stok.
- b) Im bardziej stromy stok, tym mocniej narciarz naciska na stok.
- c) Siła grawitacji jest jednakowa na obu ilustracjach, więc wartość składowej prostopadłej do stoku również będzie jednakowa.



Przykład 3

Dzięki sile tarcia możliwy jest ruch człowieka. Na którym rysunku poprawnie zaznaczono siłę tarcia działającą od podłoża na nogę piechura poruszającego się w prawo?



Przykład 4

Siłą dośrodkową działającą na krzeselko karuzeli jest:

- a) siła sprężystości łańcucha;
- b) siła grawitacyjnego przyciągania;
- c) siła odśrodkowa;
- d) wypadkowa siły sprężystości łańcucha i siły grawitacji;
- e) wypadkowa siły odśrodkowej i siły grawitacji.



Przykład 5

Pytanie dotyczy przedstawionego lub wykonywanego przez uczniów doświadczenia.

Wprawiając w ruch obrotowy w płaszczyźnie pionowej wiaderko napełnione wodą zauważamy, że woda się nie wylewa. W układzie związanym z wodą (w układzie nieinercyjnym) działają na nią siły:

- a) dośrodkowa i odśrodkowa;
- b) grawitacyjna i reakcji podłoża;
- c) odśrodkowa i grawitacyjna;
- d) dośrodkowa i reakcji podłoża.

Przykład 6

Śmigło na ogonie helikoptera zapobiega niekontrolowanemu:

- a) obracaniu się kadłuba;**
- b) zwiększaniu lub zmniejszaniu wysokości lotu;**
- c) zwiększaniu lub zmniejszaniu wartości prędkości;**
- d) zmniejszaniu momentu bezwładności kadłuba.**

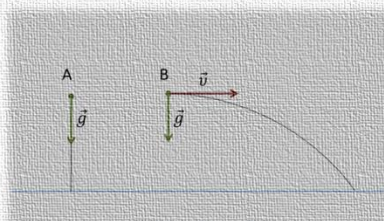


Foto: Shutterstock

Ad f) Pytania związane z przewidywaniem wyniku doświadczenia.

Pytania te kształtują kreatywność, myślenie abstrakcyjne. Pozwalają na „rozwijanie umiejętności stosowania eksperymentu jako narzędzia umożliwiającego podnoszenie kompetencji kluczowych uczniów przez angażowanie ich w przewidywanie efektów eksperymentów, dyskusję, samodzielne myślenie i weryfikację eksperymentalną stawianych hipotez” [20].

Przykład 1



Dwie jednakowe monety upuszczono z tej samej wysokości, lecz monecie B nadano dodatkową prędkość w kierunku poziomym.

- a) Obie monety równocześnie upadną na podłogę, gdyż na obie działa jednakowe przyspieszenie grawitacyjne $g \approx 9,81 \frac{m}{s^2}$.**
- b) Moneta A upadnie pierwsza. Spada z większym przyspieszeniem, bo moneta B ma dłuższą drogę do pokonania.**
- c) Moneta B upadnie pierwsza. Spada z większym przyspieszeniem, bo jej prędkość pozioma sumuje się z pionową.**

Przykład 2

Gdy działające na ciało siły się nie równoważą (tzn. gdy na ciało działa stała siła wypadkowa), jego prędkość się zmienia, co oznacza, że porusza się ono z pewnym przyspieszeniem:

- a) tym większym im większa masa tego ciała;
- b) tym większym im mniejsza masa tego ciała;
- c) stałym niezależnie od masy tego ciała.

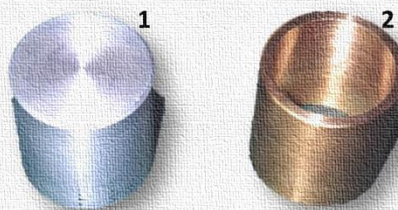
Przykład 3

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

$$I = m_1r_1^2 + m_2r_2^2 + \dots + m_nr_n^2$$

Przedstawione na zdjęciu dwa walce o jednakowej masie i jednakowej średnicy, staczają się z równi. Szybciej z równi stoczy się walec o numerze:

- a) 1;
- b) 2;
- c) oba walce ukończą „wyścig” w jednakowym czasie.



Przykład 4

$$L = I\omega$$

W układach izolowanych moment pędu ciała jest zachowany. Gdy w takiej sytuacji tancerka podczas piruetu rozłoży szeroko ręce, to:

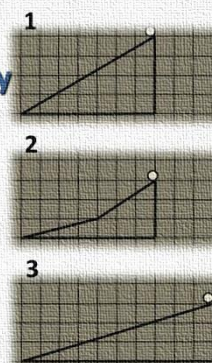
- a) jej prędkość obrotowa wzrośnie;
- b) jej prędkość obrotowa zmaleje;
- c) jej prędkość obrotowa wzrośnie lub zmaleje w zależności od masy tancerki;
- d) jej prędkość obrotowa nie ulegnie zmianie.



www.gimnazjum2.sulechow.pl

Przykład 5

Z trzech równi, różniących się nachyleniem staczają się kulki. Drogi pokonane przez kulki (mierzone od podstawy równi) są proporcjonalne do wartości pracy wykonanej nad kulkami przez siłę tarcia kinetycznego. Z dużym prawdopodobieństwem możemy stwierdzić, że najdłuższą drogę pokona kulka:



- a) 1; b) 2; c) 3.
d) Wszystkie kulki pokonają taką samą drogę.

Przykład 6

Wprawiony w ruch pierwszy wagonik uderza w drugi, nieruchomy z taką siłą, że po zderzeniu złączyły się i poruszają się razem. Wagoniki mają jednakowe masy.

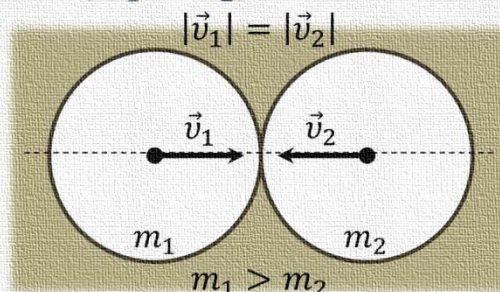
Biorąc pod uwagę bardzo krótki czas po złączeniu się wagoników, aby wykluczyć opory ruchu, stwierdzamy, że złączone wagoniki powinny:

- a) poruszać się szybciej niż pierwszy wagonik przed zderzeniem;
b) poruszać się wolniej niż pierwszy wagonik przed zderzeniem;
c) poruszać się dokładnie z taką samą prędkością, jak pierwszy wagonik przed zderzeniem;
d) mieć prędkość równą 0.

Przykład 7

Między wartościami prędkości końcowych \vec{v}_{k1} i \vec{v}_{k2} , zderzających się czołowo idealnie sprężysto dwóch kulek ($m_1 > m_2$) zachodzi zależność:

- a) $|\vec{v}_{k1}| > |\vec{v}_{k2}|$;
b) $|\vec{v}_{k1}| < |\vec{v}_{k2}|$;
c) $|\vec{v}_{k1}| = |\vec{v}_{k2}|$;
d) nie można oszacować zależności między wartościami prędkości końcowych. To kwestia losu.



Ad g) Pytania sprawdzające umiejętności czytania ze zrozumieniem.

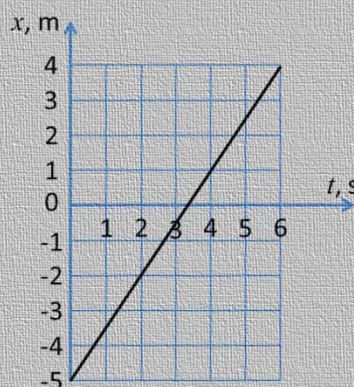
Pytania dotyczące poznanego tekstu, wzoru, definicji.

Przykład 1

Na wykresie zaznaczono położenia ciała, które poruszało się przez sześć sekund.

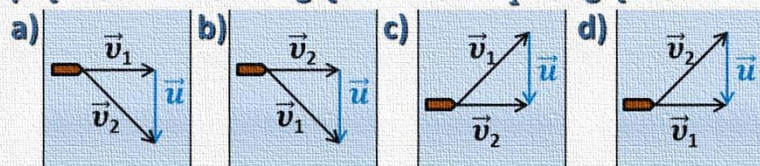
W tym czasie ciało to pokonało drogę:

- | | |
|----------|----------|
| a) -9 m; | d) -1 m; |
| b) -5 m; | e) 1 m; |
| c) -4 m; | f) 9 m. |



Przykład 2

Sternik zdecydował, że popłynie prostopadle do koryta rzeki, mimo silnego prądu, którego prędkość zaznaczono jako \vec{u} . Udało mu się tego dokonać. Na którym rysunku poprawnie zaznaczono wektory prędkości statku względem rzeki \vec{v}_1 i względem brzegu \vec{v}_2 ?



Przykład 3



Podczas jazdy ze stałą prędkością siły działające na pojazd się równoważą.

Gdy na ciało poruszające się ze stałą prędkością nie działają żadne siły, to ciało to:

- a) będzie się poruszało coraz wolniej, aż w końcu się zatrzyma;
- b) będzie się poruszało coraz wolniej, ale nigdy się nie zatrzyma;
- c) będzie się poruszało cały czas ze stałą prędkością;
- d) nie może zmieniać wartości prędkości lecz może zmieniać kierunek ruchu.
- e) Ciało nie może się poruszać, jeżeli nie działa na nie żadna siła.

Przykład 4

Opisując oddziaływania, mówimy zawsze o oddziaływaniach wzajemnych między ciałami, np. podczas gry w siatkówkę, gdy serwujemy, nie mówimy jedynie o oddziaływaniu na piłkę, lecz my również odczuwamy ból, podobny, jakby to piłka uderzyła nas.

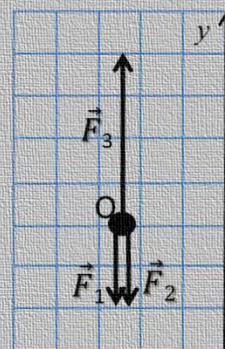
Księżyc przyciągany jest przez Ziemię siłą ok. $2 \cdot 10^{20}$ N. Prawdą jest, że:

- a) Księżyc przyciąga Ziemię siłą mniejszą proporcjonalnie do ilorazu mas tych ciał niebieskich;
- b) Księżyc przyciąga Ziemię siłą mniejszą proporcjonalnie do ilorazu promieni tych ciał niebieskich;
- c) Księżyc przyciąga Ziemię siłą większą proporcjonalnie do ilorazu gęstości tych ciał niebieskich;
- d) Księżyc przyciąga Ziemię dokładnie taką samą siłą.
- e) Księżyc nie przyciąga Ziemi.

Przykład 5

Na ciało O działają trzy siły. Przyjmij, że 1 kratka = 1 N. Współrzędna F_y wypadkowej siły działającej na ciało wynosi:

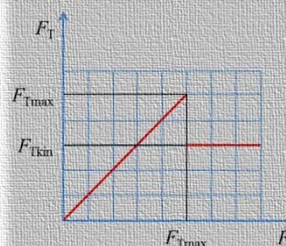
- a) -4 N;
- b) -2 N;
- c) 0 N;
- d) 2 N;
- e) 4 N.



Przykład 6

Przy stałych warunkach siła tarcia kinetycznego:

- a) zawsze przyjmuje wyższą wartość niż tarcie statyczne;
- b) zawsze przyjmuje niższą wartość niż tarcie statyczne;
- c) przyjmuje wyższą wartość niż maksymalne tarcie statyczne;
- d) ma stałą wartość;
- e) przyjmuje wartości od zera do F_{Tmax} .



W niektórych przykładach skorzystałem ze sformułowań, które można odnaleźć w podręcznikach [21–24]. Ilustracje wykonałem osobiście w bezpłatnym programie Microsoft Paint[®]. Zdjęcia, które nie są mojego autorstwa, opatrzone zostały adnotacją dotyczącą źródła. Slajdy, których skany zaprezentowałem powyżej, zostały wykonane w programie Microsoft PowerPoint[®].

Podsumowanie

W osiągnięciu wysokiej skuteczności nauczania oraz popularyzacji fizyki wśród dzieci i młodzieży kluczową rolę odgrywa zaangażowany, zarażający pasją nauczyciel. Nie mniej pomaga mu w tym bogato wyposażona pracownia oraz dostęp do współczesnych urządzeń elektronicznych. Jednym z nich, doskonale sprawdzającym się w środowisku szkolnym, jest system jednoczesnych odpowiedzi. W niniejszej dysertacji przedstawiłem wiele przykładów i cech badanego przeze mnie zestawu pilotów interaktywnych. Narzędzie to, podobnie jak gry logiczne czy doświadczenia fizyczne, pozytywnie wpływa na kształtowanie zainteresowań młodego człowieka.

Nie ulega wątpliwości, że zdolni i dobrze przygotowani do lekcji uczniowie zajmują miejsca w pierwszych ławkach, podczas gdy pozostali chowają się przed nauczycielem z tyłu sali [15]. Na prowadzonych przeze mnie zajęciach, dzięki stosowaniu narzędzi aktywizujących *w s z y s t k i c h* uczniów, nie ma to najmniejszego znaczenia – tu każdy bierze aktywny udział w lekcji.

Narzędzie pozwala również efektywnie zarządzać czasem pracy w szkole. Dzięki otrzymywanej informacji zwrotnej nauczyciel może racjonalnie organizować przebieg zajęć, nie tracąc czasu na nieefektywne powtórki. Pozwala mu to skupić się jedynie na tych elementach, których zrozumienie i przyswojenie okazało się dla uczniów problematyczne. Odpowiednio skonstruowana lekcja daje więc tak nauczycielowi, jak i jego podopiecznym pewność, że czas spędzony w budynku szkolnym był pożytecznie wykorzystany.

Wysoka skuteczność narzędzia interaktywnego i zadowolenie osób uczęszczających na lekcje fizyki zostały przeze mnie udowodnione pomiarem dydaktycznym oraz anonimowymi ankietami skierowanymi do uczniów. Wyniki tych badań jednoznacznie potwierdzają przyjęte przeze mnie tezy.

Co istotne, interaktywne narzędzia dydaktyczne mogą mieć zastosowanie nie tylko podczas procesu dydaktycznego na gruncie pozostałych przedmiotów szkolnych, ale i w innych dziedzinach życia. Mogą być z powodzeniem wykorzystywane m.in. do zbierania opinii lub głosowania. Przykład stanowi głośna premiera spektaklu *Terror* [25]. Przewiduje on różne scenariusze akcji w zależności od decyzji podjętych przez widzów. Do poznania opinii oglądających wykorzystywane są właśnie piloty, przy większej zaś widowni – różnokolorowe karteczki. Tego typu lekcja problemowa, składająca się z wieloetapowej i wielościżkowej drogi prowadzącej do znalezienia rozwiązania problemu fizycznego jest

trudna do przygotowania, jednak przynosi wiele korzyści, dając jednocześnie nauczycielowi ogrom cennych informacji. Owo nowatorskie podejście do nauczania fizyki jest ponadto niezmiernie cenione przez samych uczniów.

Bibliografia

- [1] Sławomir Binek, Damian Kimla, Jerzy Jarosz, *The influence of the application of personal response systems on the effects of teaching and learning physics at the high school level*, „Physics Education” 2016, nr 52
- [2] Audience Response System, Inc. <http://www.audienceresponse.com>
- [3] Ashley Deal, *Classroom response systems*, „Teaching With Technology White Paper” 2007
- [4] Eric Mazur, *Peer Instruction: A User's Manual*, Pearson 1996
- [5] Catherine H. Crouch, Eric Mazur, *Peer instruction: Ten years of experience and results*, „American Journal of Physics”, 2001, nr 69(9), s. 970-977.
- [6] Raphael Littauer, *Instructional implications of a low-cost electronic student response system*, „Educational Technology: Teacher and Technology Supplement” 1972, nr 12(10), s. 69-71.
- [7] Ernest A. Lumsden, *Use of student feedback cards for diagnostic purposes during classroom lectures*, „Improving College and University Teaching Yearbook” 1976 (Oregon State U.P., Corvallis, 1976), s. 39
- [8] Arthur W. Chickering and Zelda F. Gamson, *Seven Principles For Good Practice in Undergraduate Education*, „Washington Center News” 1987
- [9] David E. Meltzer, Kandiah Manivannan, *Transforming the lecture-hall environment: The fully interactive physics lecture*, „American Journal of Physics” 2002, nr 70(6), s. 639-454
- [10] Katarzyna Pachulska, Damian Kimla, Sławomir Binek, *System PRS jako narzędzie dydaktyczne*, „Fizyka w Szkole” 2008, nr 6, s. 38-40
- [11] Paulo Coelho, *Jedenaście minut*, Drzewo Babel 2004
- [12] Władysław Błasiak, Roman Rosiek, Małgorzata Godlewska, *O efektywności wykładu w: Janusz Morbitzer (red.) Komputer w edukacji: 19 ogólnopolskie sympozjum naukowe, Kraków 2009 /”*
- [13] Hermann Ebbinghaus, *Über das Gedächtnis*, „New York by Teachers College”, Columbia University 1885
- [14] *The forgetting curve: Interleaving vs Blocking*
<https://www.koobits.com/wp-content/uploads/2012/10/forgetting-curve.jpg>

- [15] J. Chodnicki, M. Grondas, A. Kołodziejczyk, J. Królikowski, *Ocenianie*, CODN, Warszawa 1999
- [16] Gordon Dryden, Jeanette Vos, *Rewolucja w uczeniu*, Zys i S-ka, Poznań 2003, s. 20
- [17] Richard R. Hake, *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*, „American Journal of Physics” 1998, nr 66, s. 64-74
- [18] Ming-Zher Poh, Nicholas C. Swenson, Rosalind W. Picard, *A Wearable Sensor for Unobtrusive, Long-Term Assessment of Electrodermal Activity* „IEEE Transactions on Biomedical Engineering” 2010, nr 57, s. 1243-1252
- [19] Mirela Karmelita, Łukasz Rypina, Tomasz Królikowski, *Interaktywne wspomaganie nauczania. Wirtualna Fizyka - innowacyjne rozwiązanie w edukacji*, „E-mentor” 2012, nr 1(43), s. 53-56
- [20] Jerzy Jarosz, Janina Pawlik, Aneta Szczygielska, *Kształtowanie kompetencji kluczowych w nauczaniu fizyki*, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 2008
- [21] Marcin Braun, Agnieszka Seweryn-Byczuk, Krzysztof Byczuk, Elżbieta Wójtowicz, *Zrozumieć fizykę. Część 1. Podręcznik do fizyki dla szkół ponadgimnazjalnych. Zakres rozszerzony*, Nowa Era, Warszawa 2013
- [22] Romana Kantorek-Pałka, Krzysztof Wójcik, *Fizyka i astronomia. Podręcznik do kl. I liceum ogólnokształcącego, liceum profilowanego i technikum. Zakres podstawowy i rozszerzony*, Videograf Edukacja, 2001
- [23] David Halliday, Jearl Walker, Robert Resnick, *Podstawy fizyki Tom 1*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014
- [24] Maria Fiałkowska, Barbara Sagnowska, Jadwiga Salach, Małgorzata Godlewska, Marek Godlewski, *Świat fizyki. Podręcznik dla szkół ponadgimnazjalnych. Zakres rozszerzony*, ZamKor, Kraków 2011
- [25] *Spektakl F. Von Schirach: Terror* <http://terror.theater>